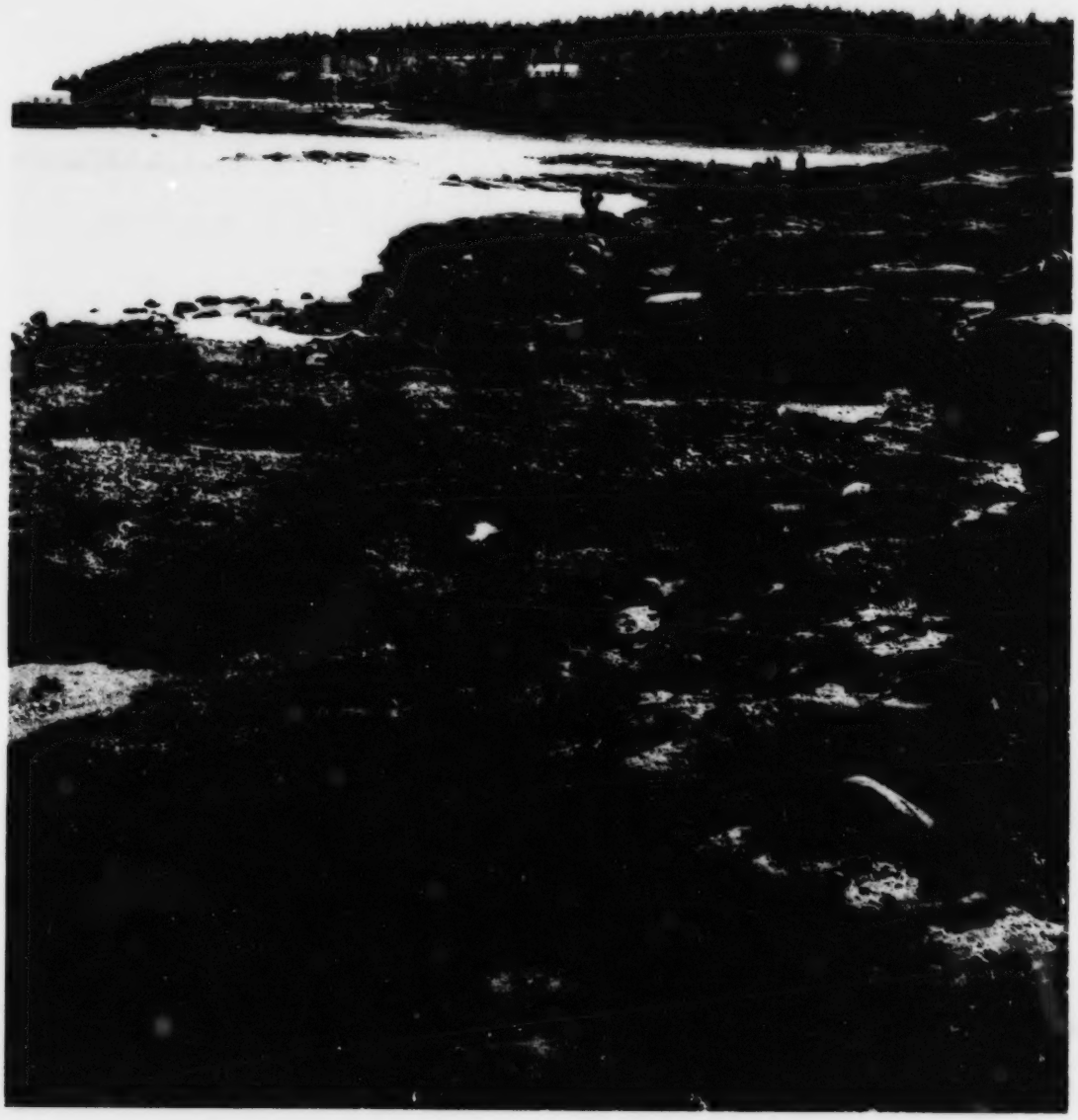
SYSTÈMES LITTORAUX ET OCÉANIQUES DE LA RÉGION DE QUODDY (NOUVEAU-BRUNSWICK)



Étudiants au travail dans la zone intertidale de l'estuaire de la rivière St. Croix. À l'arrière-plan, la Station de biologie de St. Andrews du ministère des Pêches et des Océans du Canada.

Publication spéciale canadienne des sciences halieutiques et aquatiques 64

(Traduction de l'anglais par D. Campillo-Cerf, avec la collaboration de F. Braemer, S. Chartrand, M. Chynchuck, Y. Desautels, L. Dwyer, S. Gagné, F. Lanctôt, L. Perrier et F. Prévost, de la publication spéciale de Martin L.H. Thomas intitulée *Marine and Coastal Systems of the Quoddy Region, New Brunswick*, publiée en 1983.)

Systèmes littoraux et océaniques de la région de Quoddy (Nouveau-Brunswick)[1]

Publié sous la direction de
MARTIN L.H. THOMAS

Université du Nouveau-Brunswick
Département de biologie
Saint-Jean (Nouveau-Brunswick) E2L 4L5

MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS
Ottawa 1986

[1] Le projet de cet ouvrage a été conçu par le Laboratoire maritime Huntsman, St. Andrews (Nouveau-Brunswick).

Publié par

Pêches et Océans

Direction de l'information et des publications scientifiques

Published by

Fisheries and Oceans

Scientific Information and Publications Branch

Ottawa K1A 0E6

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1986

En vente dans les librairies autorisées, les autres librairies, ou encore, par commande payable à l'avance, au Centre d'édition du gouvernement du Canada, Approvisionnements et Services Canada, Ottawa (Ontario) K1A 0S9

Les chèques ou mandats-poste, payables en monnaie canadienne, doivent être faits à l'ordre du Receveur général du Canada.

Un exemplaire de cette publication a été déposé, pour référence, dans les bibliothèques partout au Canada.

Canada : 17,95 $
Autres pays : 21,55 $

Nº de cat. Fs 41-31/64F
ISBN 0-660-91698-3
ISSN 0706-649X

Prix sujet à changement sans avis préalable

Directeur et rédacteur en chef : J. Watson, Ph.D.
Coordonnatrice, Production des publications : Micheline Gilbert
Compositeur : APH (MICOT) Canada Inc.
Imprimeur : D.W. Friesen & Sons Ltd.
Conception graphique : Bayne-Herrera Graphic Communications Ltd.

On devra référer comme suit à cette publication :

THOMAS, M.L.H. [ÉD.] 1986. Systèmes littoraux et océaniques de la région de Quoddy (Nouveau-Brunswick). Publ. spéc. can. sci. halieut. aquat. 64 : 322 p.

En hommage à la province du Nouveau-Brunswick à l'occasion de son bicentenaire en 1984.

Tables des matières

Auteurs viii

Comité de révision ix

Résumé/Abstract x

Chapitre 1. Introduction
MARTIN L.H. THOMAS 1–4

Chapitre 2. Météorologie
MARTIN L.H. THOMAS 5–8

Chapitre 3. Océanographie physique
RONALD W. TRITES ET CHRISTOPHER J. GARRETT 9–35

Chapitre 4. Communautés intertidales des rivages rocheux
MARTIN L.H. THOMAS, DAVID C. ARNOLD ET A. RONALD A. TAYLOR 36–76

Chapitre 5. Rivages à sédiments grossiers
DONALD H. STEELE 77–98

Chapitre 6. Cuvettes de marée
MARTIN L.H. THOMAS 99–112

Chapitre 7. Systèmes des marais salés
MARTIN L.H. THOMAS 113–125

Chapitre 8. Substrats infralittoraux durs
ALAN LOGAN, ARTHUR W. MCKAY ET JAMES P.A. NOBLE 126–147

Chapitre 9. Substrats infralittoraux sédimentaires
DAVID J. WILDISH 148–164

Chapitre 10. Poissons
W. BEVERLEY SCOTT 165–184

Chapitre 11. Phytoplancton
J.S.S. LAKSHMINARAYANA 185–203

Chapitre 12. Macrozooplancton
SUSAN COREY 204–212

Chapitre 13. Microzooplancton
JOHN W. ROFF 213–227

Chapitre 14. Oiseaux
DAVID S. CHRISTIE 228–244

Chapitre 15. Amphibiens et reptiles
STANLEY W. GORHAM ET J. SHERMAN BLEAKNEY 245–259

Chapitre 16. Mammifères marins
DAVID E. GASKIN 260–284

Chapitre 17. Forêt côtière de la région de la baie Passamaquoddy
HAROLD R. HINDS 285–293

Index taxinomique 294–302

Index analytique 303–322

Auteurs

ARNOLD, DAVID C. Département de biologie, Université Mount Allison, Sackville (Nouveau-Brunswick)

BLEAKNEY, J. SHERMAN. Département de biologie, Université Acadia, Wolfville (Nouvelle-Écosse)

CHRISTIE, DAVID S. Musée du Nouveau-Brunswick, Saint-Jean (Nouveau-Brunswick)

COREY, SUSAN. Faculté des sciences biologiques, département de zoologie, Université de Guelph, Guelph (Ontario)

GARRETT, CHRISTOPHER J. Département d'océanographie, Université Dalhousie, Halifax (Nouvelle-Écosse)

GASKIN, DAVID E. Faculté des sciences biologiques, département de zoologie, Université de Guelph, Guelph (Ontario)

GORHAM, STANLEY W. Musée du Nouveau-Brunswick, Saint-Jean (Nouveau-Brunswick)

HINDS, HAROLD R. Département de biologie, Université du Nouveau-Brunswick, Fredericton (Nouveau-Brunswick)

LAKSHMINARAYANA, J.S.S. Département de biologie, Université de Moncton, Moncton (Nouveau-Brunswick)

LOGAN, ALAN. Division des sciences, Université du Nouveau Brunswick, Saint-Jean (Nouveau-Brunswick)

MCKAY, ARTHUR W. Marine Research Associates, Lords Cove, île Deer (Nouveau-Brunswick)

NOBLE, JAMES P.A. Département de géologie, Université du Nouveau-Brunswick, Fredericton (Nouveau-Brunswick)

ROFF, JOHN W. Faculté des sciences biologiques, département de zoologie, Université de Guelph, Guelph (Ontario)

SCOTT, W. BEVERLEY. Laboratoire maritime Huntsman, St. Andrews (Nouveau-Brunswick)

STEELE, DONALD H. Département de biologie, Université Memorial, St. John's (Terre-Neuve)

TAYLOR, A. RONALD A. Département de biologie, Université du Nouveau-Brunswick, Fredericton (Nouveau-Brunswick)

THOMAS, MARTIN L.H. Division des sciences, Université du Nouveau-Brunswick, Saint-Jean (Nouveau-Brunswick)

TRITES, RONALD W. Institut de Bedford, laboratoire d'écologie marine, Dartmouth (Nouvelle-Écosse)

WILDISH, DAVID J. Pêches et Océans Canada, Station de biologie, St. Andrews (Nouveau-Brunswick)

Comité de révision

DR E.L. BOUSFIELD, Conservateur en chef, Musée des sciences naturelles, Ottawa (Ontario)

DR P. BRODIE. Institut de Bedford, laboratoire d'écologie marine, Dartmouth (Nouvelle-Écosse)

DR A. CARDINAL. Département de biologie, Université Laval, Québec (Québec)

DR T. CAREFOOT. Département de zoologie, Université de Colombie-Britannique, Vancouver (Colombie-Britannique)

DR F.R. COOK. Musée des sciences naturelles, Ottawa (Ontario)

DR R.A. CROKER. Département de biologie, Université du New Hampshire, Durham (New Hampshire), États-Unis

DR A.J. ERSKINE. Service canadien de la faune, Sackville (Nouveau-Brunswick)

DR F. EVANS. Dove Marine Laboratory, Université de Newcastle upon Tyne, Cullercoats, Angleterre

DR D.M. FARMER. Institut des sciences de la mer, Sidney (Colombie-Britannique)

DR T. FENCHEL. Laboratoire de biologie marine, Helsingør (Danemark)

DR B. GANNING. Zoologiska Institutionen, Universitet Stockholms, Stockholm (Suède)

DR B. GULLIKSEN. Marinbiologisk Stasjon, Universitet Tromsø, Tromsø (Norvège)

DR G. HARDING. Institut de Bedford, laboratoire d'écologie marine, Dartmouth (Nouvelle-Écosse)

DR P. LAPORTE. Service canadien de la faune, Sainte-Foy (Québec)

DR L. LEGENDRE. Département de biologie, Université Laval, Québec (Québec)

DR T. LUNDALV. Kristinebergs Marinbiologiska Station, Fiskebackskil (Suède)

DR D. MCALLISTER. Musée des sciences naturelles, Ottawa (Ontario)

DR E. MILLS. Département d'océanographie, Université Dalhousie, Halifax (Nouvelle-Écosse)

DR D. PATRIQUIN. Département de biologie, Université Dalhousie, Halifax (Nouvelle-Écosse)

DR G.A. RILEY. Département d'océanographie, Université Dalhousie, Halifax (Nouvelle-Écosse)

DR H.J. SCOGGAN. Musée des sciences naturelles, Ottawa (Ontario)

DR D.E. SARGEANT. Pêches et Océans Canada, Station de biologie arctique, Sainte-Anne-de-Bellevue (Québec)

DR C.T. SHIH. Musée des sciences naturelles, Ottawa (Ontario)

DR A.J. SOUTHWARD. The Marine Laboratory, Marine Biological Association, Plymouth (Angleterre)

Résumé

THOMAS, M.L.H. [ÉD.]. 1986. Systèmes littoraux et océaniques de la région de Quoddy (Nouveau-Brunswick). Publ. spéc. can. sci. halieut. aquat. 64 : 322 p.

Dans le présent ouvrage sont décrits les principaux systèmes marins et biologiques côtiers de la baie de Passamaquoddy et des eaux avoisinantes, avec les caractéristiques océanographiques et météorologiques de la région. Les dix-sept chapitres, rédigés par des scientifiques oeuvrant dans cette région, qui constituent ce volume ont été groupés par domaines généraux, à commencer par la météorologie et l'océanographie. Le deuxième groupe comprend les systèmes intertidaux, avec chapitres traitant des rivages rocheux, de mares dans le rocher, des rivages à sédiments grossiers et des marais salés. La troisième section est constituée par deux chapitres, l'un sur les habitats sublittoraux durs et l'autre sur les habitats sédimentaires de cette zone. Dans les quatre chapitres suivants, on examine les systèmes pélagiques sous les rubriques poissons, phytoplancton, macro et microzooplancton respectivement. Viennent ensuite trois chapitres consacrés aux oiseaux, aux amphibiens et reptiles, et aux mammifères marins. Enfin, on décrit la végétation de la côte. Chaque chapitre contient une information de base, des descriptions de méthodes appropriées, une mention spéciale de la situation locale et, dans certains cas, des renseignements particuliers à des endroits utiles ou intéressants. Parce que le sujet est couvert de façon exhaustive, ce volume sera utile aux naturalistes, aux étudiants, aux professeurs et aux chercheurs. Les conditions uniques que créent des marées de forte amplitude et un vigoureux échange d'eau dans cette région, influant à la fois sur l'océanographie et la biologie, intéresseront les scientifiques du monde entier. Bien qu'il s'agisse avant tout d'une revue de domaines généraux, on y présente pour la première fois beaucoup de recherche originale. Le volume est abondamment illustré et contient des clés d'identification qu'on ne trouve nulle part ailleurs.

Abstract

THOMAS, M.L.H. [ÉD.]. 1986. Systèmes littoraux et océaniques de la région de Quoddy (Nouveau-Brunswick). Publ. spéc. can. sci. halieut. aquat. 64 : 322 p.

The book describes the main marine and coastal biological systems of Passamaquoddy Bay and adjacent waters and the oceanographic and meteorological characteristics of the area. The 17 chapters, written by scientists active in this region, are grouped to cover general subject areas beginning with meteorology and oceanography. The second group covers the intertidal systems with chapters on rocky intertidal shores, rock pools, coarse sedimentary shores, and salt marshes. The third general section, containing two chapters, covers hard and sedimentary sublittoral habitats. The following four chapters discuss pelagic systems under the headings fishes, phytoplankton, larger zooplankton, and microzooplankton, respectively. Subsequently three chapters deal with the birds, amphibians and reptiles, and marine mammals. Finally coastal vegetation is described. Each chapter presents basic scientific background material, describes appropriate methods, gives particular attention to the local situation and, if appropriate, gives specific information on particularly useful or interesting localities. This wide subject treatment makes the book useful to naturalists, students, teachers, and researchers. The unique conditions fostered by the high tidal range and vigorous water exchange in the area, dominating the oceanography and moulding the biology, will be of interest to scientists throughout the world. Although the coverage is primarily a review of the general subject areas, a great deal of original research is presented here for the first time. Numerous illustrations, and keys to groups not served by existing literature, are included.

CHAPITRE 1

Introduction

M.L.H. THOMAS

Université du Nouveau-Brunswick, Saint-Jean (N.-B.)

Le présent ouvrage est né dans le sillage du développement rapide de la région de Quoddy en tant que zone d'étude, d'enseignement et de recherche, avec St. Andrews pour centre. Cette région présente d'autant plus d'intérêt sur le plan de l'histoire naturelle qu'elle appartient à la baie de Fundy, célèbre pour ses marées, les plus fortes du monde, dont l'amplitude dépasse 20 m à l'entrée. Ces marées contribuent certainement à l'extrême diversité des caractéristiques biologiques et physiques de la région, dont elles exposent le long des rivages la géologie naturellement variée. Le gigantesque échange d'eau qu'elles suscitent chaque jour entre la baie et le golfe du Maine sert à introduire de nouvelles espèces et à en disperser d'autres. Les marées présentent aussi un intérêt économique puisqu'elles peuvent produire de l'électricité propre et renouvelable. Autre caractéristique connexe, le vaste réseau de marais côtiers, qui est intéressant tant sur le plan scientifique que pour l'agriculture. Ces marais ont d'ailleurs attiré les premiers colons, notamment les Acadiens, qui ont pris sur ces marais de grandes étendues pour les mettre en culture. Une fois endigués et drainés, les marais offraient un sol riche et très productif. De nombreux marais sont encore cultivés, ou portent les traces de leur vocation agricole : digues éventrées, vestiges de constructions, de ponts, de routes, etc.

Si la grande amplitude des marées offre de nombreux aspects utiles ou intéressants, il en est d'autres qui sont fort déplaisants. Le brassage tidal entrave la stratification thermique, et la masse d'eau se réchauffe très peu en été, aussi la baignade est-elle une expérience revigorante mais fort brève, sauf dans les anses abritées où l'influence des marées se fait moins sentir. La présence d'eau froide en surface favorise l'apparition de brouillards, qui sont particulièrement fréquents en été et en automne près de l'entrée de la baie. Les courants de marée sont très violents et peuvent constituer un danger pour la navigation, particulièrement dans les passages étroits, comme les deux entrées principales de la baie Passamaquoddy, les passages Letite et Head Harbour. Dans ce dernier passage, la force légendaire des courants engendre le tourbillon « Old sow » (la vieille truie) à la pointe Deer Island, qui est réputé le plus grand du monde, et suscite une controverse passionnée sur l'utilisation éventuelle du passage par les bateaux-citernes qui desserviraient la raffinerie de pétrole dont la construction est prévue à Eastport (Maine). Aux endroits où le flux lui-même ne gêne pas la navigation, les marées entravent l'accès à certains quais à basse mer et créent des courants violents.

La région, colonisée très tôt, a connu un développement intense. La côte possède de nombreux petits ports de pêche ainsi que d'autres, plus grands, à vocation diversifiée, dont Saint-Jean, le plus important, qui constitue l'un des centres vitaux de la navigation sur la côte est. Dans la région de Quoddy se trouvent Blacks Harbour et St. Andrews, ports de taille intermédiaire en plein essor, ainsi que de nombreux petits ports.

La région de Quoddy n'a été circonscrite que depuis peu de temps (Trites 1962), et sert à délimiter la zone fortement influencée par les modifications naturelles ou artificielles que subit la baie Passamaquoddy. La région dans son ensemble est plus utile au regard de notre étude que la baie elle-même qui, malgré l'intérêt et la variété qu'elle offre, ne possède pas l'immense gamme de caractéristiques et de conditions que l'on trouve en s'éloignant un peu de St. Andrews. Comme le montre la figure 1, la région de Quoddy s'étend en deçà d'une ligne tirée de la pointe Lepreau jusqu'à l'extrémité nord-est de l'île de Grand Manan, puis jusqu'à la pointe West Quoddy, dans le Maine. La région couvre donc la baie Passamaquoddy, l'archipel de l'île Deer, l'île Campobello, les îles Wolves ainsi que toutes les eaux côtières qui s'étendent de la pointe Lepreau au cap West Quoddy. La zone comprend plusieurs estuaires, dont le plus vaste est celui de la rivière St. Croix, qui s'étend de St. Stephen à St. Andrews. D'autres, comme ceux de la Digdeguash, de la Magaguadavic et de la rivière Letang, sont aussi de taille notable. L'estuaire de la rivière Saint-Jean se situe au nord-ouest de la région de Quoddy mais, en période de crue, son influence se fait sentir le long de la côte jusque dans la région.

La source d'information la plus complète et la plus utile sur la côte et les eaux de la région de Quoddy est constituée par les *Instructions nautiques, Nouvelle-Écosse (côte SE) et baie de Fundy*, distribuées par le Service hydrographique du Canada, qui prépare aussi les *Tables des marées et courants du Canada*.

Notre introduction serait incomplète sans un bref résumé de l'histoire des sciences de la mer dans le secteur. La région a toujours suscité un grand intérêt scientifique, et plusieurs jalons en marquent le progrès. Le premier et le plus important en a été l'établissement en 1898, sous l'égide du gouvernement canadien, d'une installation temporaire que l'on appelle encore avec affection la « station de biologie », et qui n'est devenue permanente qu'en 1907.

Avant 1898 avaient paru seulement 17 études sur les aspects scientifiques de la baie de Fundy : la première sur la géologie en 1836, puis la biologie en 1854 et l'océanographie en 1867. Au départ, les travaux portaient surtout sur les pêches et la biologie mais, graduellement, puis stimulée par la Seconde Guerre mondiale, l'océanographie prenait son essor. Tout d'abord sous l'autorité de la Marine, puis sous celle de l'Office de recherches sur les pêcheries, et enfin sous celle du Service des mines et des relevés techniques, son importance allait croissant. Malheureusement, ces passations de pouvoir faisaient dimi-

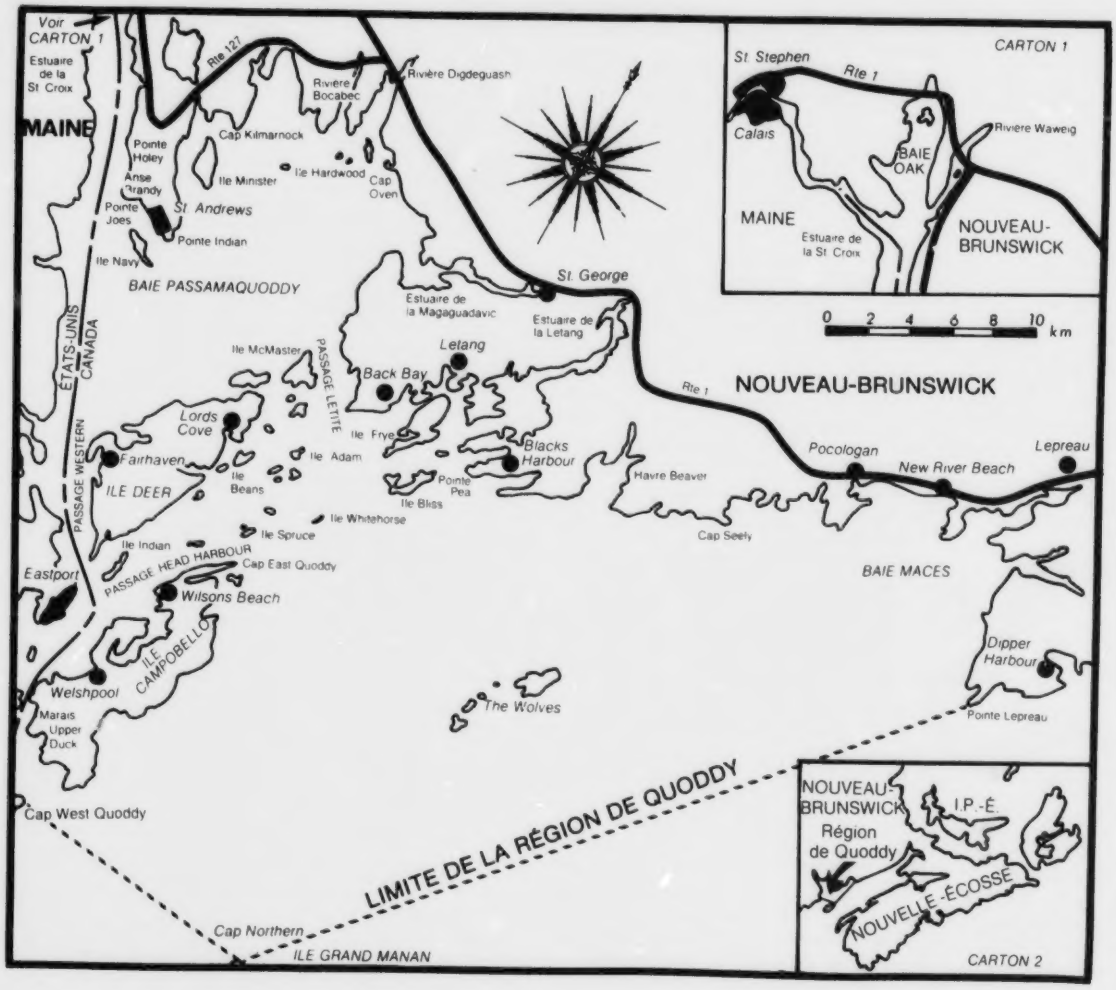


FIG. 1. La région de Quoddy, au Nouveau-Brunswick (Canada), avec les principales entités et localités mentionnées dans le texte. Le carton 1 représente, à la même échelle, la partie nord de l'estuaire de la St. Croix. Le carton 2 montre la situation de la région de Quoddy dans l'ensemble des Maritimes.

nuer le rôle de St. Andrews, particulièrement jusqu'à ce que s'établisse l'Institut de Bedford, à Dartmouth, en 1962 (Campbell, 1976).

La bibliographie préparée par Moyse (1978) montre clairement l'accélération de la recherche dans la baie de Fundy et dans la région de Quoddy en particulier. Entre 1800 et 1900, on compte environ 20 publications; de 1900 à 1950, 130; de 1950 à 1970, 240; et de 1970 à 1980, 440. Sur les 153 études couvrant des zones géographiques données de la baie, plus de 60 concernent la région de Quoddy, et bon nombre des travaux généraux contiennent aussi des renseignements intéressants.

L'accélération de la publication des données sur la baie de Fundy a commencé avec l'établissement de la Station de biologie de St. Andrews, mais elle a été stimulée par divers autres événements importants, en particulier la série de projets et d'études concernant l'exploitation de l'énergie. Plusieurs de ces travaux, notamment l'étude sur l'utilisation de l'énergie marémotrice de la baie Passamaquoddy, de 1930 à 1969, les projets de construction d'une centrale nucléaire et d'une centrale thermique à la pointe Lepreau et à Coleson Cove (à partir de 1973) et le projet de construction d'une raffinerie à Eastport (Maine), à partir de 1974, touchent la région de Quoddy. Les études générales sur l'exploitation de l'énergie marémotrice dans la baie de Fundy, ainsi que le projet d'usine marémotrice sur la rivière Annapolis, lancé en 1976, offrent aussi des résultats intéressants.

Il est également bon de signaler la croissance régulière des universités dans le secteur. L'Université du Nouveau-Brunswick est très active dans la région de Quoddy, tout particulièrement depuis la création de son campus de Saint-Jean en 1969. D'autres universités, notamment Mount Allison, Acadia et, plus récemment, l'Université de Moncton, s'intéressent à l'ensemble de la région de Fundy. Par ailleurs, les universités Dalhousie, McGill, McMaster ainsi que celles de Guelph et de Toronto travaillent aussi dans la région de Quoddy, dans le cadre de leurs ententes avec la Station de biologie et le Laboratoire maritime Huntsman.

Le Laboratoire maritime Huntsman joue un rôle clé dans l'histoire récente de la recherche scientifique sur la région de Quoddy. Cette institution rassemble des universités de l'Est du Canada, des organismes fédéraux et provinciaux et des établissements privés. Sa naissance remonte à 1969, année où Dr J.M. Anderson, qui était alors directeur de la Station de biologie, a lancé une série de réunions et de négociations qui ont abouti en décembre 1969 à la signature du bail du domaine Ambridge et à l'ouverture officielle du Laboratoire en août 1970. En 1971, Dr A.W.H. Needler en devenait le premier directeur exécutif à temps plein, et l'institution commençait son travail scientifique. Les activités ont débuté avec des cours universitaires donnés sur le terrain par les organismes membres, et en 1971 le Laboratoire lançait ses propres cours dans le domaine des sciences de la mer. Depuis 1970, plus d'une centaine de cours ont été organisés par les universités membres, tandis que le Laboratoire poursuivait son propre programme. Des milliers d'étudiants ont donc pu ainsi acquérir une connaissance directe de la région de Quoddy, particulièrement dans le domaine de la biologie marine, mais aussi en géologie et en océanographie. Ces dernières années, le Laboratoire a abrité un vaste éventail de cours et de séminaires sur pratiquement tous les sujets. Dr W.B. Scott devenait en 1976 son deuxième directeur, et a orienté l'institution vers un rôle actif dans la recherche sur la région. Les débuts du Laboratoire maritime Huntsman sont décrits par Anderson (1980).

L'expansion constante du Laboratoire et de son rôle, plus que toute autre chose, a fait apparaître la nécessité d'obtenir une information plus approfondie sur la biologie, la géologie et l'océanographie de la région de Quoddy. Depuis ses débuts, le laboratoire a fait publier directement ou indirectement une série d'ouvrages utiles aux personnes intéressées par la région, notamment *Introducing the Sea* (Thomas, 1973), *Common Canadian Atlantic Fishes* (Scott et Messieh, 1976) et *A Checklist of Marine Flora and Fauna of the Bay of Fundy* (Linkletter *et al.*, 1977). Ces publications ainsi que la série *A Guide to the Flora and Fauna of the Bay of Fundy*, publiée dans la série des rapports techniques du Service des pêches et de la mer par la Station de biologie de St. Andrews, forment une base pour les études locales, mais il apparaissait nécessaire d'établir un guide plus exhaustif des systèmes de la région, et c'est cette lacune que le présent ouvrage voudrait combler.

Notre recueil *Systèmes littoraux et océaniques de la région de Quoddy (Nouveau-Brunswick)* tente de présenter des connaissances à jour sur la structure et le fonctionnement des systèmes de la région, dans les domaines de la biologie, de l'océanographie et de la géologie. Il entend en présenter une description utile aux scientifiques, aux enseignants et aux amateurs d'histoire naturelle, qu'ils s'occupent de recherche ou d'éducation. Malgré le vaste éventail de ses utilisations prévues, notre rapport se veut parfaitement scientifique dans son approche. Il fournit une information descriptive des systèmes, présente les méthodes utilisées en général, et en particulier celles qui correspondent aux besoins locaux, et enfin apporte dans certains cas une description détaillée des sites les plus importants.

Les auteurs retenus se situent à l'avant-garde de leur discipline, et possèdent une connaissance de première main de la région de Quoddy. Dans l'ensemble, ils ont mené ou mènent encore des programmes de recherche dans le secteur. Afin de garantir la qualité de l'ouvrage, toutes les contributions importantes ont été révisées par un comité international de réviseurs scientifiques de réputation mondiale, dont les noms apparaissent au début du volume.

Malgré l'intérêt et l'activité que suscite la région de Quoddy, nous n'avons pas pu trouver d'auteurs pour certains de ses aspects. Les systèmes des vasières intertidales ne sont pas couverts, bien qu'ils soient évoqués dans la description des marais salés (chap. 7) et, dans une certaine mesure, dans celle des rivages à sédiments grossiers (chap. 5) et des substrats infralittoraux sédimentaires (chap. 9). Nous devons aussi admettre que la frontière internationale, qui partage l'estuaire de la St. Croix et suit la côte sud-ouest de la baie, est bien réelle, et que nous ne couvrons pas la côte américaine de façon satisfaisante. Nous devons en faire amende honorable, mais, dans la plupart des cas, les auteurs auxquels nous avons fait appel travaillaient principalement sur les eaux canadiennes. Par ailleurs, nous n'avons pu nous intéresser aux phénomènes qui sont intrinsèquement liés à la présence de centaines d'îles dans la baie. Cet archipel présente de nombreuses possibilités remarquables d'étude et d'observation, qui n'ont pas encore été exploitées.

Nous espérons que ces lacunes encourageront les chercheurs. Les auteurs considèrent le présent travail non comme un ouvrage achevé, mais comme une incitation à mieux connaître la région de Quoddy. Pour conclure, je voudrais mentionner les sources d'information sur la région. Il existe deux documents indispensables : *Bay of Fundy Environmental and Tidal Power Bibliography*, de C.M. Moyse (1978) et *Bay of Fundy Environmental Data Inventory*, de R.H. Loucks (1979). Ces ouvrages présentent les titres et les résumés de travaux antérieurs et renvoient à des bibliographies intéressantes mais de moindre envergure. Le dernier ouvrage est le résultat direct des travaux du Comité des études environnementales de la baie de Fundy, sous-comité du Comité inter-universités des provinces de l'Atlantique sur les sciences. Le Comité (ou Groupe) d'études environnementales de la baie de Fundy publie des suppléments à la bibliographie, organise au moins une fois par année des réunions de chercheurs qui étudient la région, et parraine des colloques sur les sujets qui présentent un intérêt spécial. Tous les chercheurs intéressés peuvent en devenir membres.

Les chapitres de notre recueil sont pratiquement indépendants, mais la figure 1 constitue une carte générale

de référence qui montre l'ensemble de la région de Quoddy et la plupart des lieux mentionnés par la suite. De nombreux chapitres présentent des cartes plus détaillées et à plus grande échelle, ou des croquis de certains sites particuliers. Les lecteurs qui désirent davantage de détails et d'informations bathymétriques peuvent consulter les cartes du Service hydrographique du Canada nº 4011, Approches de la baie de Fundy, et nº 4331, Baie Passamaquoddy et rivière St. Croix (Nouveau-Brunswick). Autre carte intéressante, la National Ocean Survey Chart nº 3328 de la National Ocean and Atmospheric Administration, département du Commerce, États-Unis.

Remerciements

Je voudrais remercier tous les auteurs qui ont contribué au présent ouvrage, et particulièrement ceux qui se sont hâtés de présenter leurs manuscrits, et qui ont dû en attendre patiemment la publication.

Les réviseurs scientifiques ont joué un rôle très utile et apporté de nombreuses suggestions constructives qui ont nettement amélioré la teneur et la lisibilité de l'ouvrage; aussi dois-je les assurer de ma sincère gratitude.

Mes assistantes, Donna Baxter et Marilyn Marley, ont passé beaucoup de temps à vérifier les manuscrits et en préparer la version finale. M. Wilfred Morris a travaillé de façon experte à bon nombre de figures et de graphiques. Je leur suis très reconnaissant de leur aide.

Je voudrais également remercier toutes les personnes qui ont dactylographié les manuscrits, notamment Mme Virginia Winslow, à l'Université du Nouveau-Brunswick, Saint-Jean, et Mme Brenda Plush, du Laboratoire maritime Huntsman, qui ont absorbé la plus lourde part de ce travail.

Le financement a été assuré par les bourses de recherche de l'Université du Nouveau-Brunswick et par la Station de biologie de St. Andrews (N.-B.), du ministère des Pêches et des Océans du Canada. Je remercie ces deux organismes pour leur aide financière. Les sources de financement de certains projets de recherche sont indiquées en temps et lieu dans les chapitres correspondants.

Enfin, un hommage particulier à mon épouse, Mary Lou Harley, pour l'aide et l'encouragement qu'elle m'a accordés tout au long de la réalisation de ce projet.

Références

ANDERSON, J.M. 1980. The early years of the Huntsman Marine Laboratory. Manuscrit inédit, St. Andrews (N.-B.). 13 p.

ANON. 1976. Instructions nautiques, Nouvelle-Écosse (côte SE) et baie de Fundy. Ministère de l'Environnement, Service des pêches et des sciences de la mer, Ottawa (Ont.). 297 p.

1981. Tables des marées et courants du Canada, Côte de l'Atlantique et baie de Fundy. Ministère des Pêches et des Océans, Ottawa (Ont.). 57 p.

CAMPBELL, N.J. 1976. An historical sketch of physical oceanography in Canada. J. Fish. Res. Board Can. 33 : 2155–2167.

LINKLETTER, L.E., E.I. LORD ET M.J. DADSWELL. 1977. A checklist of marine fauna and flora of the Bay of Fundy. Laboratoire maritime Huntsman, St. Andrews (N.-B.). 68 p.

LOUCKS, R.H. 1979. Bay of Fundy environmental data inventory. Conseil national de recherches du Canada. Atl. Reg. Lab. Tech. Rep. 24 : 155 p.

MOYSE, C.M. 1978. Bay of Fundy environmental and tidal power bibliography. Fish. Mar. Serv. Tech. Rep. 822 : 36 p.

SCOTT, W.B. ET S.N. MESSIEH. 1976. Common Canadian Atlantic fishes. Laboratoire maritime Huntsman, St. Andrews (N.-B.). 106 p.

THOMAS, M.L.H. 1973. Introducing the sea. Laboratoire maritime Huntsman, St. Andrews (N.-B.). 112 p.

TRITES, R.W. 1962. Temperature and salinity in the Quoddy Region of the Bay of Fundy. J. Fish. Res. Board Can. 19 : 975–978.

CHAPITRE 2

Météorologie

M.L.H. THOMAS

Université du Nouveau-Brunswick, Saint-Jean (N.-B.)

Introduction

La région de Quoddy et la baie de Fundy ont en gros le même climat — celui de la majeure partie des provinces Maritimes et du Maine. Toutefois, ce climat général connaît certaines variations locales.

Deux grandes masses d'air influent sur les conditions météorologiques de la région : la masse d'air continental qui vient de l'ouest et celle qui vient de l'Atlantique. Celles-ci ayant des caractéristiques très différentes, les températures, les taux d'humidité, les vents, etc. varient grandement d'une journée et d'une saison à l'autre. Au printemps et en été, saisons marquées par un fréquent brouillard, le temps est plus frais au-dessus et à proximité des zones d'eau libre que dans l'intérieur. En revanche, pendant l'hiver, le temps est plus doux dans la baie et le long de la côte. À cause des fluctuations du temps, la température peut varier beaucoup au cours de la même journée — en hiver, elle dépasse parfois 20°C.

Le printemps est habituellement caractérisé par un temps frais, souvent entrecoupé de conditions estivales. Par contre, au début de l'automne, les conditions sont ordinairement très stables et agréables et marquent une évolution relativement progressive vers la saison froide. Normalement, les chutes de neige commencent en octobre ou en novembre, deviennent plus fréquentes de décembre à mars, puis diminuent. La période de gel dure de décembre à avril, mais elle est ponctuée par de courts intervalles où la température monte bien au-dessus du point de congélation.

Vu que la marée a une très grande amplitude et que l'eau subit un brassage intense, il se forme très peu de glace de mer, sauf dans les baies et les estuaires profonds. Presque toutes les activités en mer peuvent donc être accomplies à longueur d'année. Il se forme de la glace sur les côtes lorsque le froid est intense, mais seulement jusqu'à la marée suivante. Les milieux côtiers, comme les marais salés, les caps, etc., sont habituellement gelés et enneigés de janvier à mars. Dans les endroits très abrités, on peut effectuer des échantillonnages au travers de la glace.

Vents et tempêtes

Les vents dominants dépendent de la configuration régionale du champ de pression atmosphérique. La figure 1 montre la configuration moyenne, par saison, des champs de pression atmosphérique dans la région de Quoddy. En hiver, une grande zone de basse pression orientée vers l'Islande produit des vents dominants de nord-ouest ou d'ouest. En été, une zone de haute pression qui couvre l'Atlantique entre les Bermudes et les Açores donne surtout des vents du sud-ouest. Mais les conditions locales influent sur la direction des vents dominants : ainsi, en été, les vents soufflent surtout du sud à Eastport (Maine) et à Saint-Jean (N.-B.).

Or, la configuration des vents a une grande influence sur le temps. En hiver, les vents du nord-ouest sont souvent forts, mais ils coïncident avec un ciel clair, alors qu'en été, les vents du sud-ouest sont habituellement faibles, mais accompagnés de brouillard. En n'importe quelle saison, les vents peuvent tourner au nord-est ou au sud-est, phénomène généralement accompagné de précipitations.

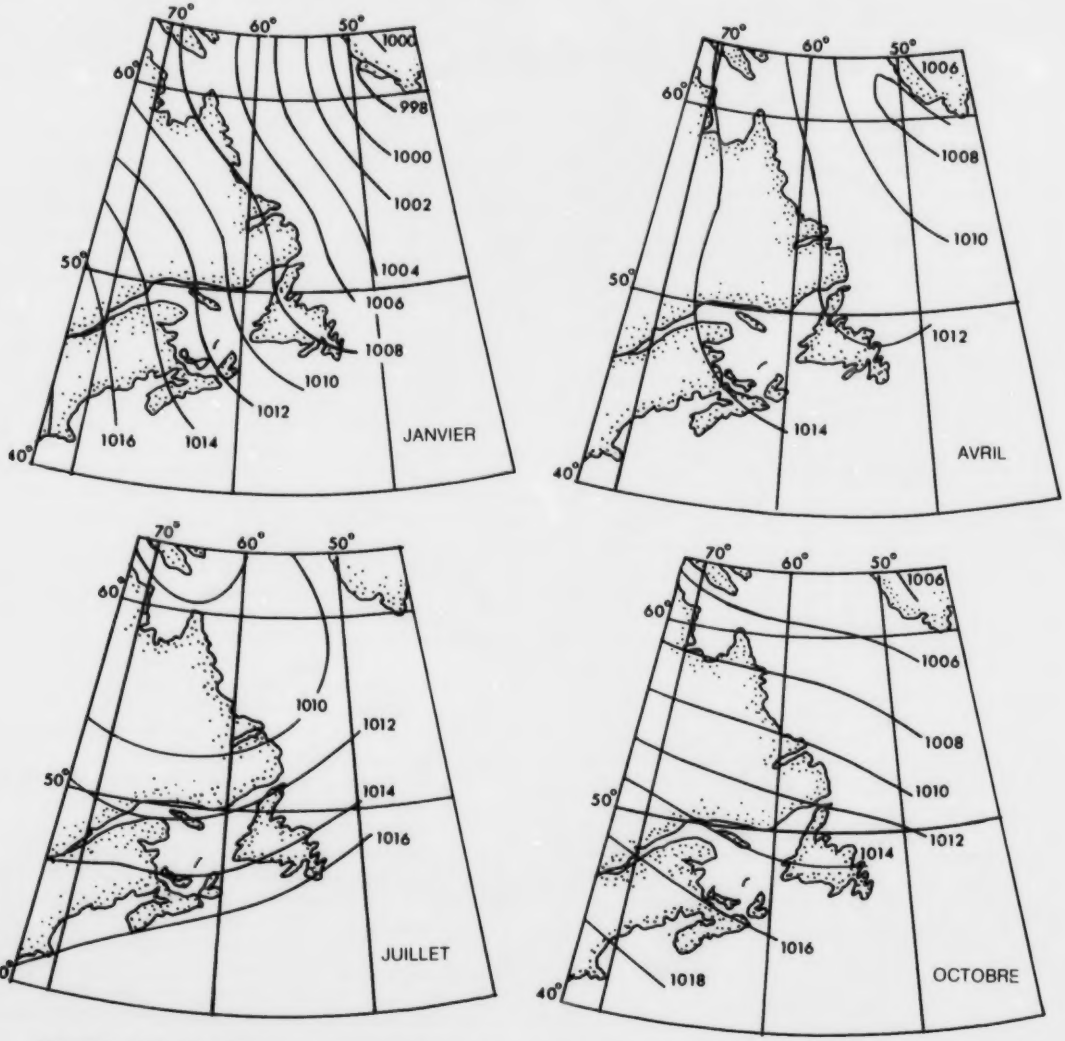
La région à l'étude est le lieu de convergence de dépressions qui remontent le continent nord-américain par la côte est et de dépressions qui le traversent d'ouest en est. Sur leur passage, celles-ci font varier grandement la configuration des vents et les conditions météorologiques. Les dépressions qui viennent de l'ouest par la vallée et le golfe du Saint-Laurent produisent des vents du sud et de la pluie en été ainsi que de la pluie ou de la neige en hiver. Ces systèmes s'accompagnent fréquemment de coups de vent, d'abord de nord-est et d'est, puis du sud et du sud-ouest. Les perturbations de l'autre type, qui remontent le littoral est, passent au sud de la Nouvelle-Écosse ou traversent directement la région. Les vents qui accompagnent les dépressions du premier type sont d'abord du nord-est, puis sautent au nord-ouest. En hiver, ces conditions produisent un temps très froid — jusqu'à −18°C au Nouveau-Brunswick, dans l'intérieur. Dans la baie, on observe un temps à grains avec des averses de neige ou de pluie. Lorsque les dépressions traversent la région, les vents soufflent respectivement du sud-ouest et du nord-ouest à l'est et à l'ouest de leur trajectoire, et il peut se produire des soubresauts thermiques.

Il y a des coups de vent (atteignant au moins la force 8 et une intensité de 34 noeuds ou 63 km/h) en mer pendant 10 à 15 % du temps en hiver, mais presque jamais en été. Des vents de plus de 70 noeuds (129 km/h) ont déjà soufflé sur Eastport et de plus de 87 noeuds (161 km/h) sur la pointe Lepreau et Saint-Jean (N.-B.). Des tempêtes de ce genre, comme celle du 2 février 1976, peuvent se révéler très destructrices pour les équipements et milieux côtiers. Dans la baie, la vitesse moyenne des vents est d'environ 20 noeuds (38 km/h) en hiver, mais plus proche de 10 noeuds (19 km/h) en été.

À la fin de l'été, des tempêtes tropicales ou des ouragans traversent parfois la région. D'autres passent bien au large, mais touchent quand même les eaux côtières. Ces systèmes apportent souvent fortes pluies et vents violents.

Températures

La température annuelle moyenne est très stable, à environ 5°C, dans toute la région. La période la plus chaude se situe normalement en juillet ou au début d'août et la plus froide, de la fin janvier à la mi-février. Dans la baie, les températures sont beaucoup plus constantes que sur terre ou même le long de la côte. Les moyennes, établies à partir d'observations faites à bord de navires, sont les suivantes : −3°C en février, 8°C en mai, 14°C en août et 6°C en novembre. Le plancher de −20°C est rarement crevé en milieu marin, alors qu'il l'est amplement dans l'intérieur.



NOTE : LES CARTES MONTRENT LA MOYENNE, DE 1940 À 1953, DE LA PRESSION AU NIVEAU MOYEN DE LA MER, EN MILLIBARS (D'APRÈS L'ATLAS DU CANADA, MINISTÈRE DES MINES ET DES RELEVÉS TECHNIQUES, 1957).

FIG. 1. Moyenne des pressions atmosphériques par saison (d'après Neu, 1972)

SAINT-JEAN (N.-B.) - 45°19'N, 65°53'W

	Pression au niveau moyen de la mer	Température					Humidité relative	Nébulosité échelle 0-10	Précipitation		Nombre de jours					Direction du vent — Pourcentage des observations									Vitesse moyenne
		Moyenne	Moyenne journalière		Extrême				Totale	Maximum journalier	Pluie	Neige	Précipitation	Brume	Tonnerre	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Calme	
			Max.	Min.	Max.	Min.																			
	kPa	°C	°C	°C	°C	°C	%		mm	mm															noeuds
Janvier	101,4	-7,4	-2,3	-12,6	11,1	-31,1	82	6,4	145,0	69,3	6	14	17	3	0,2	22	6	7	4	5	7	18	27	4	11,3
Février	101,2	-7,5	-2,1	-12,9	10,6	-36,7	80	5,9	130,8	95,0	5	12	14	3	0,1	19	7	8	5	8	9	18	22	4	11,1
Mars	101,3	-2,6	2,0	-7,3	13,9	-30,0	77	6,3	104,7	54,6	7	10	14	5	0,1	22	8	9	5	9	8	15	21	3	11,5
Avril	101,4	3,1	7,9	-1,8	20,0	-16,7	75	6,5	111,8	125,5	11	4	13	6	0,7	20	7	8	8	16	11	11	14	5	10,4
Mai	101,4	8,8	14,3	3,2	30,0	-7,8	72	6,8	101,9	62,0	14	1	14	10	0,8	12	6	9	9	25	16	7	11	5	10,1
Juin	101,3	13,6	19,1	8,0	31,7	-2,2	77	7,0	94,5	54,1	13	0	13	12	2,7	10	6	8	9	33	17	5	7	5	9,7
Juillet	101,4	16,9	22,3	11,4	32,8	1,1	80	6,5	89,4	72,6	12	0	12	17	3,0	7	3	6	8	39	17	7	7	6	8,8
Août	101,5	16,3	21,7	10,9	31,1	-0,6	82	6,0	98,8	125,2	12	0	12	14	2,5	9	4	4	8	33	16	9	10	7	8,6
Septembre	101,8	12,7	17,8	7,4	28,9	-6,7	82	5,7	102,6	74,9	12	0	12	13	1,1	12	6	7	7	25	13	9	13	8	9,0
Octobre	101,7	7,9	12,7	3,1	25,6	-9,4	83	5,7	109,7	85,3	11	1	12	9	0,6	15	7	5	7	19	14	14	14	5	10,1
Novembre	101,5	2,6	6,6	-1,6	21,7	-14,4	85	6,8	154,4	73,4	13	4	15	5	0,2	19	7	7	8	12	8	16	19	4	10,8
Décembre	101,5	-4,6	-0,2	-9,1	15,0	-26,7	82	6,2	156,7	105,7	8	12	16	3	0,1	22	7	5	5	7	7	17	26	4	11,2
Moyennes	101,5	5,0	10,0	-0,1												15	6	7	7	20	12	12	16	5	10,3
Totaux									1400,3		123	58	164	99	12,1										
Extrêmes					32,8	-36,7				125,5															
Nbre années d'observations	20	22	22	22	22	22	10	13	22	22	22	22	22	30	20	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18

Remarque: kPa = kilopascals = mb ÷ 10

TABLEAU 1. Conditions météorologiques moyennes à long terme à Saint-Jean (N.-B.), 45°19'N, 65°53'W (Anonyme, 1976).

Humidité

Le taux d'humidité, soumis en partie à des influences océaniques, est rarement faible. Les valeurs minimales, d'environ 72 %, sont observées au printemps, et les valeurs maximales, de 85 % en moyenne, à l'automne. En mer, celles-ci sont un peu plus élevées.

Précipitations

Les précipitations sont passablement stables tout au long de l'année, bien qu'il y ait parfois de longues périodes de sécheresse ou de temps pluvieux. Pendant environ 160 jours chaque année, il s'accumule quelque 1 400 mm d'eau en moyenne, dont 25 % sous forme de neige. De décembre à mars, les chutes de neige sont fréquentes et peuvent être fortes, mais des périodes de dégel périodiques, surtout le long de la côte, empêchent les trop grandes accumulations.

Des pluies et parfois des chutes de neige très fortes peuvent se produire pendant les tempêtes, en particulier celles qui sont d'origine tropicale. Il s'est accumulé jusqu'à 126 mm d'eau en 24 heures dans la région étudiée.

C'est au Nouveau-Brunswick, dans l'intérieur, que les chutes de neige sont les plus abondantes au Canada, soit jusqu'à un total de 250 à 350 mm. Au printemps, l'eau de fonte, dont la hauteur peut atteindre 125 à 180 mm, peut provoquer de très fortes crues nivales et des inondations dans de nombreux cours d'eau. Celles qui touchent la rivière Saint-Jean se répercutent sur une grande partie du secteur sud-ouest de la baie de Fundy, tandis que celles de la rivière St. Croix et d'autres cours d'eau ont une influence notable sur la baie Passamaquoddy.

Brouillard

Le brouillard est une caractéristique remarquable de la baie de Fundy. Il est habituellement très dense au printemps et au début de l'été. En juillet, le pire mois à cet égard, il sévit pendant 40% du temps, selon des rapports météorologiques de navires. Il y a respectivement 10 à 14 et 2 à 4 jours de brouillard par mois entre mai et août et en hiver. Le brouillard est très fréquent lorsqu'il y a des vents du sud de vitesse faible à moyenne (de 7 à 10 noeuds ou de 13 à 19 km/h), mais rare lorsque ceux-ci dépassent 21 noeuds (39 km/h).

Le brouillard est plus ou moins dense selon les endroits. Habituellement, il l'est moins dans les zones abritées par les côtes relativement escarpées, comme la côte nord-est de l'île de Grand Manan. Souvent, le brouillard est moins dense dans la partie intérieure de la baie Passamaquoddy et l'estuaire de la rivière St. Croix qu'à proximité des îles Deer et Campobello et au-delà.

Embruns verglaçants

Dans la baie de Fundy, de décembre à mars, les conditions favorisent la formation d'embruns verglaçants, qui peuvent se révéler très dangereux pour le travail en mer, surtout en janvier et en février, en rendant les ponts glissants et, à la longue, en déstabilisant les navires. Les conditions sont très dangereuses lorsque la température de l'air est inférieure à −9°C et que la vitesse des vents dépasse 30 noeuds (56 km/h), mais elles peuvent causer des problèmes dès que les températures baissent au-dessous de −2°C et que les vents soufflent à plus de 20 noeuds (37 km/h).

Les conditions météorologiques moyennes à long terme à Saint-Jean (N.-B.), qui apparaissent au tableau 1, s'appliquent bien à la région de Quoddy. Toutefois, à cause des conditions qui règnent à cet endroit, les vents soufflent surtout du sud en été, plutôt que du sud-ouest comme c'est le cas généralement.

Remerciements

M. Archie Gates, du Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Bedford (N.-B.), m'a aidé dans la collecte des données météorologiques et m'a permis de tirer certaines données des *Instructions nautiques, Nouvelle-Écosse (côte SE) et baie de Fundy*. Je lui en suis très reconnaissant.

Références

ANON. 1957. Atlas du Canada. Ministère des Mines et des Relevés techniques, Ottawa (Ont.).

1973. Air quality. Section I. Lorneville Environment Impact Study, vol. 2 : 1–130.

1974. Summary of physical, biological, socio-economic and other factors relevant to potential oil spills in the Passamaquoddy Region of the Bay of Fundy. Fish. Res. Board Can. Tech. Rep. 428 : 229 p.

1976. Instructions nautiques, Nouvelle-Écosse (côte SE) et baie de Fundy. Ministère de l'Environnement, Service des pêches et des sciences de la mer, Ottawa (Ont.). 297 p.

1976. Guide du plaisancier, Riviere Saint-Jean (N.-B.). Ministère de l'Environnement, Service des pêches et des sciences de la mer, Ottawa (Ont.). 110 p.

CHEVRIER, J.R. 1959. Drift bottle experiments in the Quoddy region. Report of the International Passamaquoddy Fisheries Board to the International Joint Commission. Chap. 2. 13 p.

NEU, H.A. 1972. A preliminary assessment of the hydro-dynamics in the area of the planned Lorneville superport. Lorneville Environmental Impact Study, vol. 2 : 201–234.

CHAPITRE 3

Océanographie physique

R.W. TRITES

Institut océanographique de Bedford
Dartmouth (Nouvelle-Écosse)

C.J.R. GARRETT

Université Dalhousie
Halifax (Nouvelle-Écosse)

Introduction

La caractéristique océanographique la plus frappante de la région de Quoddy (fig. 1) est probablement la force de la marée qui s'y manifeste. De la rive, l'effet en est remarquable, et la première impression que donne une ville comme St. Andrews peut varier, selon qu'on la découvre à pleine ou à basse mer. En fait, si l'on y accède par mer sur un navire d'une certaine importance, l'heure d'arrivée doit coïncider avec la pleine mer si l'on veut accoster au quai. L'influence directe des marées sur les activités de l'homme dans cette région est donc très évidente. Celles-ci jouent également un rôle important, quoique indirect, par leur effet sur les ressources marines vivantes et sur le climat et le temps locaux. C'est pourquoi la région de Quoddy illustre bien, à petite échelle, l'utilisation par l'homme des océans. Cette région est le théâtre d'une intense activité de pêche commerciale et sportive, ce qui crée des problèmes de gestion des ressources. Elle possède des installations portuaires et est considérée comme site possible d'une raffinerie de pétrole et d'un terminal pour pétroliers géants. Les bassins des baies Passamaquoddy et Cobscook pourraient être utilisés pour l'exploitation de l'énergie marémotrice. L'estuaire de la St. Croix reçoit les effluents de la papeterie de Woodland, et ceux des agglomérations situées sur ses rives. La région attire de nombreux touristes et sert depuis le début des années 1900 de base de recherche sur les pêches et en océanographie. Toute l'activité actuelle et potentielle de la région est donc influençée de près ou de loin par les conditions océanographiques, qu'il est nécessaire de bien comprendre, tant pour leur valeur intrinsèque que pour permettre une saine gestion des ressources locales.

L'océanographie physique de cette région est intéressante et diversifiée. L'estuaire de la St. Croix illustre les effets contradictoires de l'apport en eau douce et du brassage associé au fort courant de marée. Les propriétés de l'eau peuvent varier beaucoup d'une saison ou d'une année à l'autre. Cet estuaire est en fait pour l'étudiant un laboratoire naturel où il peut étudier divers processus physiques qui se manifestent dans les océans du monde.

Le présent chapitre résume les caractéristiques connues de l'océanographie physique de la région et suggère des projets de recherche qui pourraient s'avérer intéressants.

Marées et courants de marée

Amplitude des marées

La baie de Fundy est bien connue pour ses marées, les plus fortes du monde; la différence de hauteur entre la basse mer et la pleine mer est parfois supérieure à 16 m dans le bassin Minas, situé au fond de la baie. La raison en est que le système entier baie de Fundy / golfe du Maine, jusqu'à la limite de la plate-forme continentale, a une période naturelle d'oscillation d'un peu plus de 13 heures, et se trouve donc presque en résonance avec l'oscillation forcée de 12,4 heures de marées de l'Atlantique Nord (Garrett, 1972).

Dans la baie Passamaquoddy, le marnage n'est pas aussi important que dans la baie de Fundy mais est quand même impressionnant puisqu'il peut atteindre 8,3 m. Des prédictions des heures et des hauteurs des pleines et des basses mers apparaissent dans les tables des marées publiées par le ministère fédéral des Pêches et des Océans. Nous tenons à souligner que ces prédictions ne sont valables que pour les variations prévisibles du niveau de la mer dues à la force d'attraction de la lune et du soleil et qu'elles ne tiennent pas compte de l'influence des facteurs météorologiques. La figure 2 donne un exemple de marée prédite. Le zéro des cartes a été choisi comme niveau de référence afin que « le niveau moyen journalier des eaux lui soit rarement inférieur durant la saison de navigation » (Anonyme, 1970). Le zéro correspond au niveau des plus basses mers normales, de sorte que les valeurs négatives ne sont pas courantes dans les tables des marées canadiennes, et la profondeur de l'eau à un endroit ne sera probablement pas inférieure à celle indiquée sur la carte. (À cause de l'emplacement de la région de Quoddy, il faudrait souligner que le zéro des cartes américaines correspond à la basse mer moyenne; les marées négatives sont donc relativement fréquentes dans les tables des marées américaines et la profondeur de l'eau à basse mer peut être inférieure d'une quantité correspondante à celle donnée sur une carte américaine.)

La marée lunaire semi-diurne (M_2), d'une période de 12,4 heures, est la principale composante de la marée. La faible différence entre les deux pleines mers quotidiennes montre l'insignifiance de la marée diurne dans cette région. Il est encore plus intéressant de signaler que la variation familière bimensuelle vive eau / morte eau dans l'amplitude de la marée semi-diurne, associée au batte-

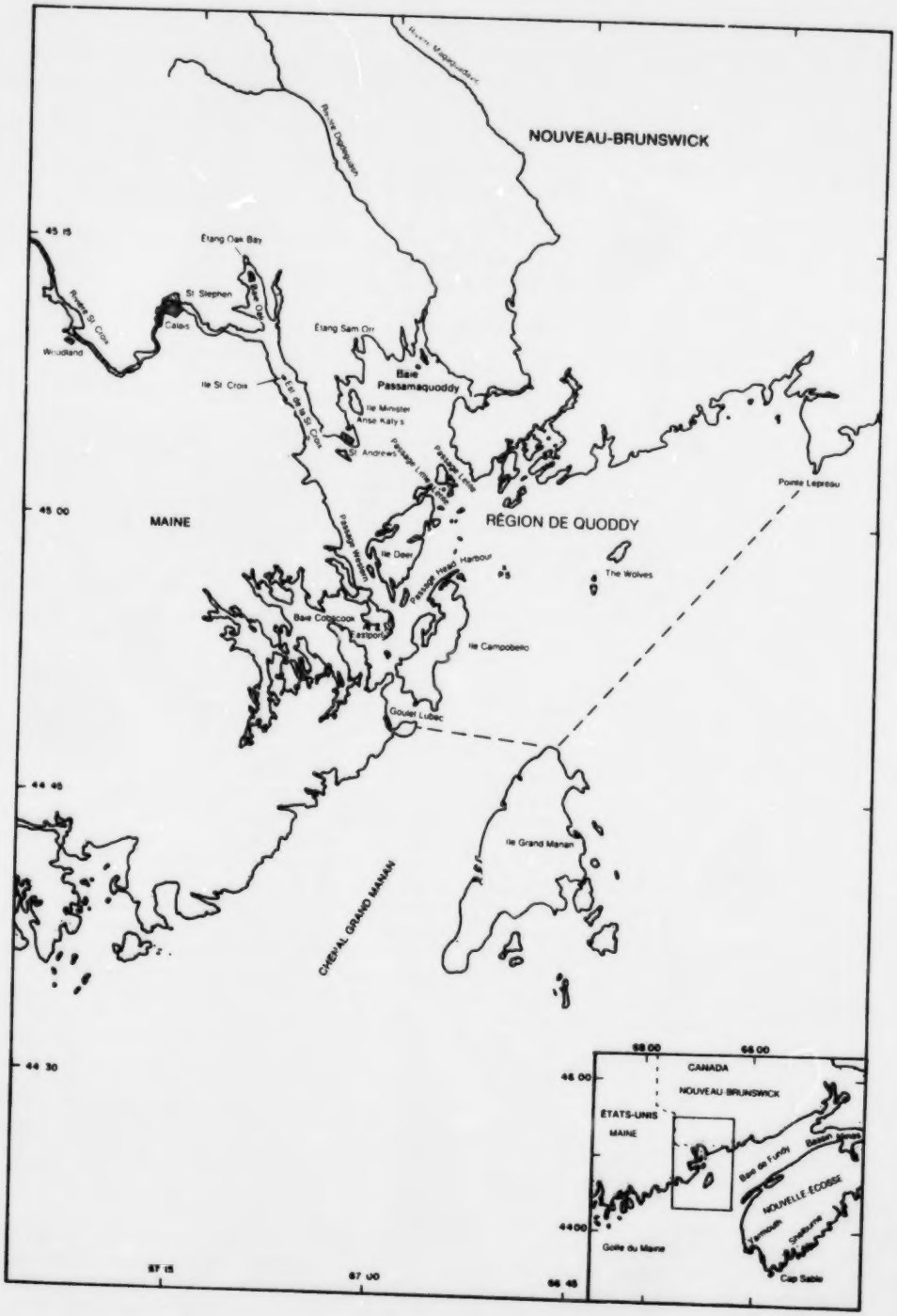


FIG. 1. La région de Quoddy.

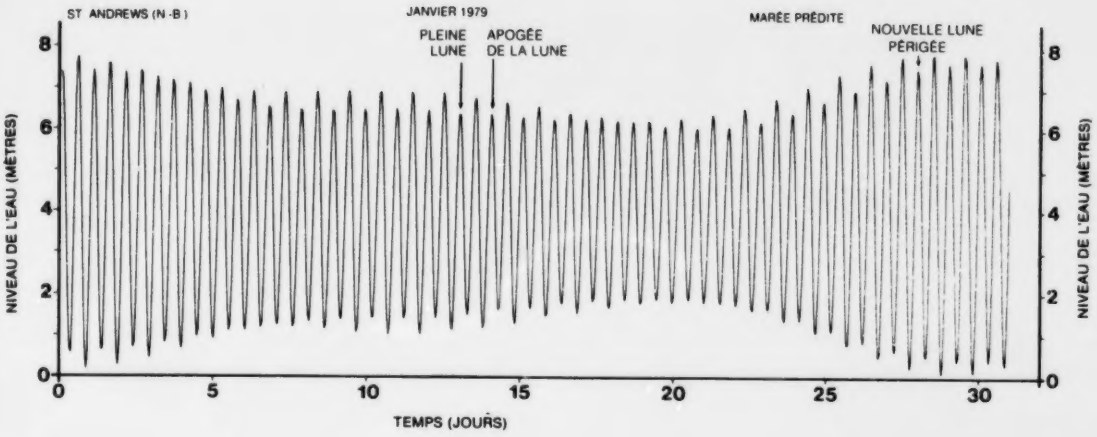


FIG. 2. Niveau de l'eau prédit à St. Andrews pour janvier 1979.

ment entre la marée lunaire M_2 toutes les 12,4 heures et la marée solaire S_2 toutes les 12 heures, est moins importante que la modulation sur un mois qui est associée à la variation de la distance entre la lune et la terre. En jargon océanographique, on dirait que les marées sont anomalistiques plutôt que synodiques. La figure 2 illustre ce phénomène : la variation de la hauteur de la marée entre l'apogée le 14 janvier et le périgée le 28 janvier (et le 30 décembre précédent) est plus importante que la variation liée aux phases de la lune. En termes de composantes de la marée, la marée elliptique lunaire semi-diurne (N_2), avec une amplitude de 0,62 m, est supérieure à la marée S_2 dont l'amplitude est de 0,44 m.

VARIATIONS DU NIVEAU DE LA MER INDÉPENDANTES DE LA MARÉE

Les modifications du niveau de la mer causées par des variations de la pression atmosphérique et du vent sont appelées, surtout lorsqu'elles sont importantes, ondes de tempête. Dans la baie de Fundy, celles-ci sont généralement camouflées par les importantes variations tidales, mais des ondes qui atteignent 1 m de plus que la pleine mer se manifestent parfois (D.L. DeWolfe, communication personnelle). Généralement, dans la baie de Fundy, la différence mesurée entre la marée observée et la marée prédite présente une période d'environ 12,5 heures et s'apparente à une marée. L'amplitude varie sur une période de quelques jours, mais atteint généralement jusqu'à 10 % de M_2 (Lung-Fa Ku, communication personnelle) peut-être parce que les manifestations de la marée dans la baie de Fundy à n'importe quel moment subissent des modifications (en particulier l'amplitude des ondes de surface, donc de la friction sur le fond) sous l'action des facteurs météorologiques. Il est probablement exact d'affirmer, sous réserve de recherches additionnelles, que la plus grande partie de la variabilité du niveau de la mer à St. Andrews qui n'est pas prédite par les tables des marées (ou, ce qui revient au même, l'écart entre les temps et les hauteurs prédits de pleine et de basse mer et la réalité) est associée à la modulation de la marée, et ne serait pas causée par une onde de tempête indépendante qui se superposerait à la marée.

COURANTS DE MARÉE

Les intenses courants de marée associés au flux et au reflux qui sont couramment observés (Forrester, 1959) dans la région de Quoddy sont illustrés aux figures 3A et 3B; remarquons les courants de 2 $m \cdot s^{-1}$ dans le passage Letite entre l'île Deer et la terre ferme. Seule l'observation directe permet d'évaluer l'effet de ces courants sur la navigation et le brassage de la colonne d'eau. La planche 1 montre bien la variabilité et la turbulence de l'écoulement. Les courants ne varient pas beaucoup en fonction de la profondeur, sauf à moins de un mètre ou deux du fond de l'océan. Sur l'échelle temporelle, la modulation des vitesses donne des moyennes proportionnelles à celles de l'amplitude de la marée selon la figure 2.

ÉNERGÉTIQUE DES MARÉES

Nous nous attarderons plus loin dans ce chapitre au rôle des marées dans l'apparition des courants résiduels et dans le mélange des eaux douces et salées, mais il semble utile de signaler maintenant que, selon des estimations de McLellan (1958), la puissance libérée par la marée dans la baie Passamaquoddy atteint 1 260 MW. Cette puissance, équivalente à la production de la station nucléaire de la pointe Lepreau, est dissipée en grande partie par friction sur le fond (et donc transformée en chaleur par effet Joule) et seule une faible partie sert à mélanger l'eau salée et l'eau douce des cours d'eau. (L'estimation de McLellan n'est que très approximative et pourrait probablement être raffinée grâce aux données de Forrester (1959) et de

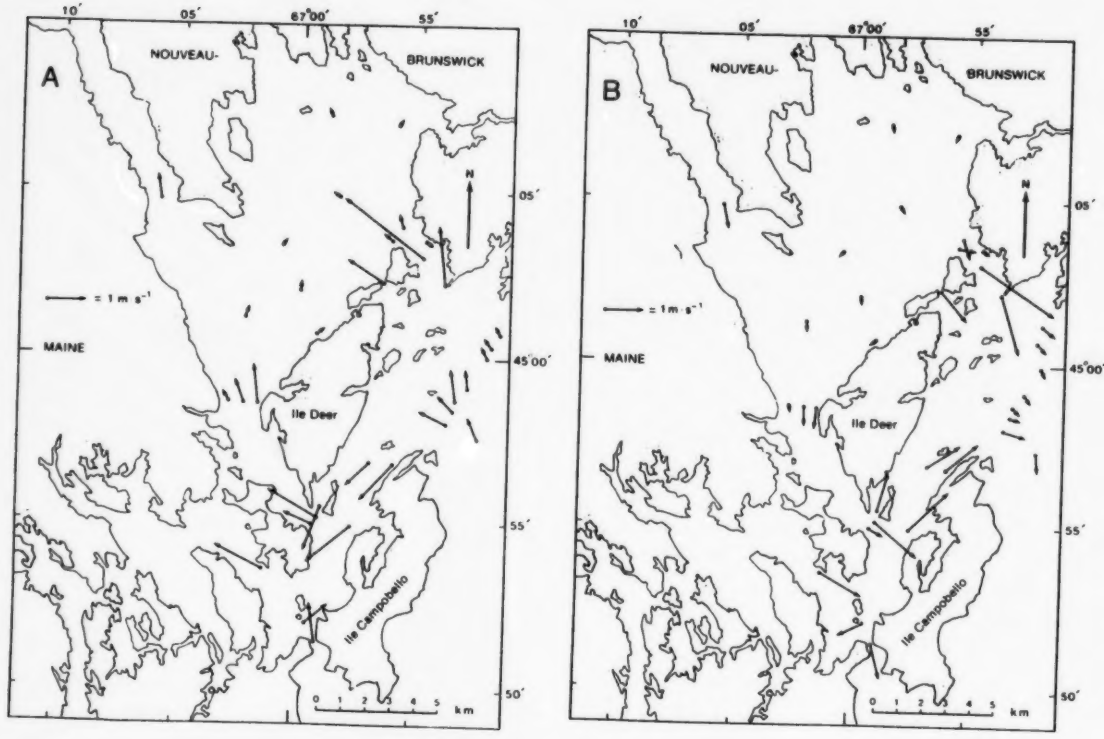


FIG. 3. Courants de marée en surface moyens 3 heures avant la pleine mer ; B) Courants de marée en surface moyens 3 heures après la pleine mer (Forrester, 1959).

Trites et MacGregor (1962), ou, encore mieux, par l'élaboration d'un modèle numérique des marées de la région). La puissance captée par un projet d'exploitation de l'énergie marémotrice pourrait bien sûr être supérieure à la puissance produite actuellement.

Apport d'eau douce

Presque tout l'apport d'eau douce de la région de Quoddy provient des rivières St. Croix, Magaguadavic et Digdeguash. St. Croix, la rivière la plus importante, a un bassin de drainage de 3 420 km^2 en amont de Baileyville et un bassin total de 4 300 km^2 en amont de St. Andrews. Les bassins des rivières Magaguadavic et Digdeguash couvrent environ 1 860 et 440 km^2 respectivement. La figure 4 montre le cycle annuel de débit de la rivière St. Croix, selon des données enregistrées à Grand Falls, à 13 km en amont de Woodland (voir la figure 1). Le sommet d'avril, associé à la fonte des neiges et de la glace, est très marqué; le pic secondaire, en décembre, est dû à de fortes pluies automnales.

La variabilité interannuelle pour chaque mois apparaît également à la figure 4. La variabilité du débit moyen annuel sur une période beaucoup plus longue est représentée à la figure 5. Il semble se produire un saut, dans le débit moyen annuel comme dans la variabilité interannuelle, à la fin des années 1940. Il pourrait être intéressant de confronter ce phénomène aux données sur les précipitations.

Température et salinité

VARIATIONS SAISONNIÈRES ET SPATIALES

Les caractéristiques océanographiques de la baie de Fundy sont déterminées par les forces génératrices de marée, la rotation de la terre, l'eau douce apportée par les rivières, les conditions météorologiques et la topographie du fond. Parmi tous ces facteurs, les forts courants de marée exercent une influence primordiale sur la température et la structure de la salinité.

Les variations saisonnières de la température et de la salinité superficielles dans la région de Quoddy sont illustrées aux figures 6A et 6B respectivement, où sont représentées toutes les données disponibles pour les mois de février, mai, août et novembre 1958. Plusieurs caractéristiques y apparaissent : la température décroît généralement en direction de la mer en mai et en août tandis que le

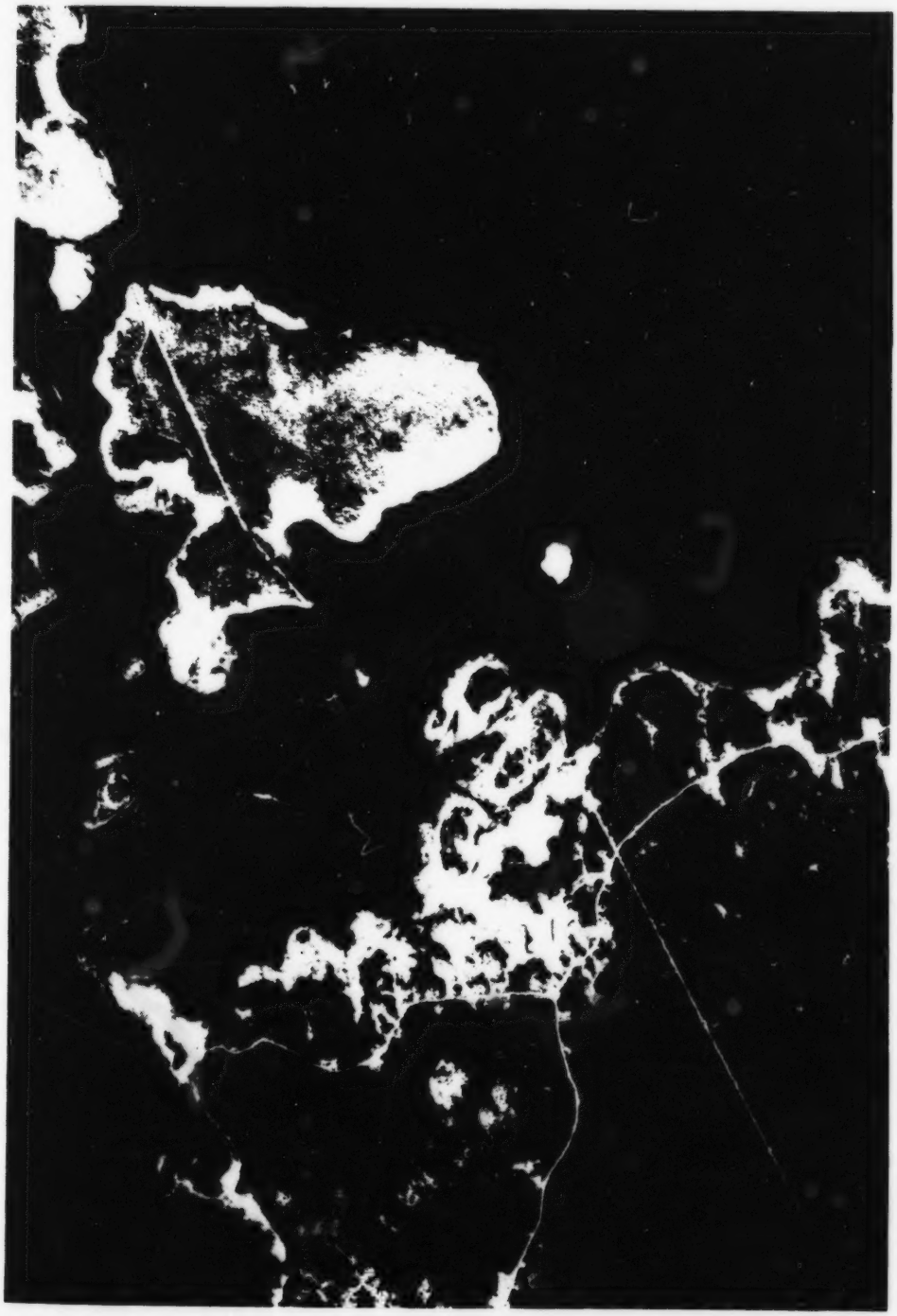


PLANCHE 1. Photo aérienne montrant la marée montante qui pénètre dans la baie Passamaquoddy à travers le passage Letite (Photothèque nationale de l'air, Ottawa).

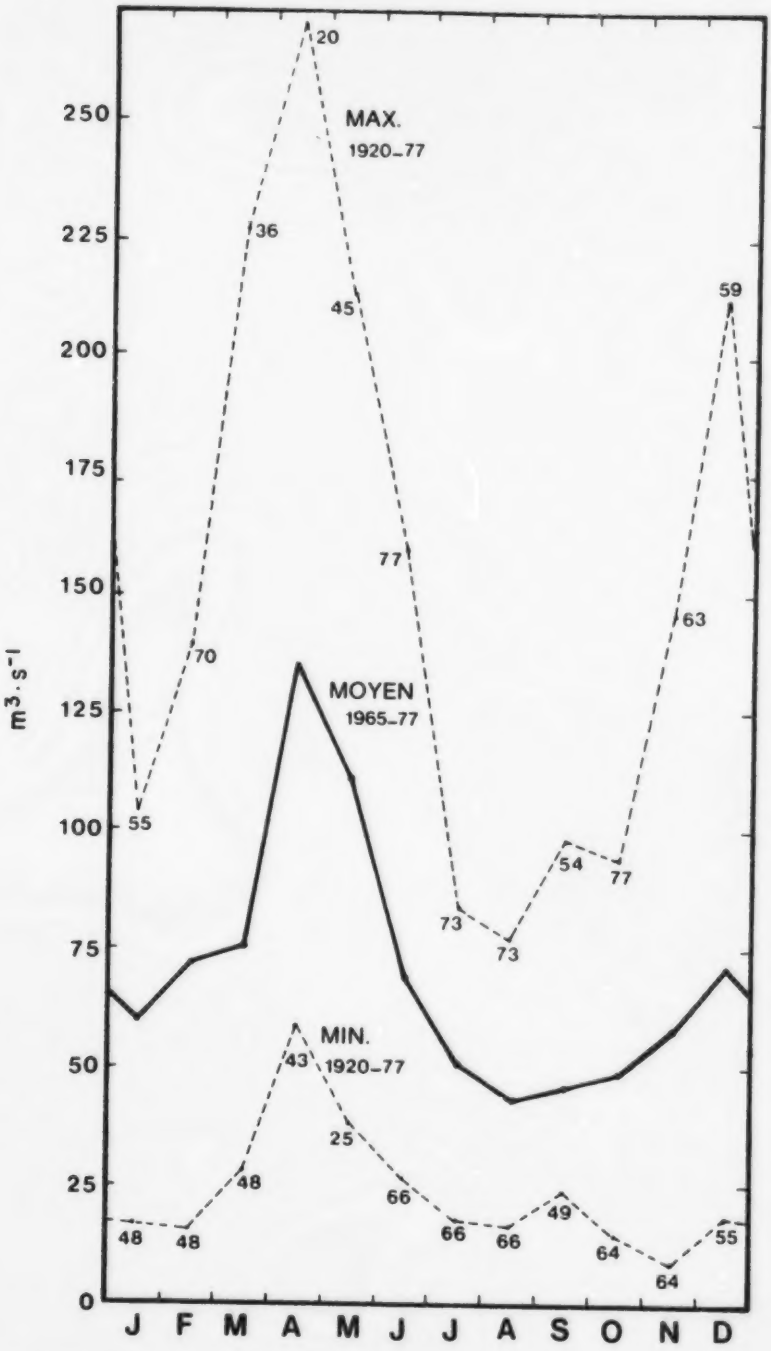


FIG. 4. Cycle annuel du débit de la rivière St. Croix, selon des données enregistrées à la station 1AR-3 (Données sur les eaux de surface, Division des relevés hydrologiques du Canada, Direction générale des eaux intérieures, Canada). Trait plein ; débit moyen mensuel (1965–1977) ; tirets : maximum et minimum pour un mois (1920–1977) ; chiffres ; années de l'occurrence.

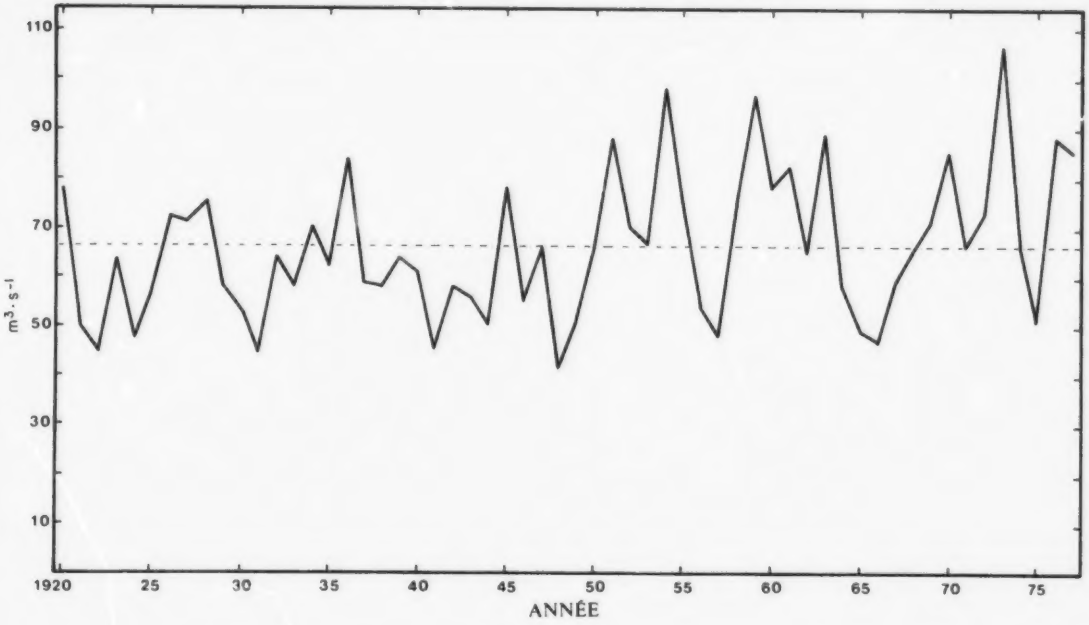


FIG. 5. Débit moyen annuel de la rivière St. Croix de 1920 à 1977 inclusivement.

gradient est inversé en novembre et en février; la salinité décroît généralement en direction de la mer tout au long de l'année; la variation spatiale maximale de la température s'est produite en août, alors que la variation maximale de la salinité s'est produite en mai.

Bien qu'il existe une importante variation annuelle des régimes de température et de salinité, les caractéristiques de 1958 se reproduisent généralement et sont relativement bien résumées par les données de deux stations, l'une près de St. Andrews (Prince 6) et représentant la portion intérieure de Quoddy, l'autre située entre l'île Campobello et The Wolves (Prince 5) et représentant la portion extérieure de Quoddy (P5 et P6 de la figure 1). Des mesures sont effectuées tous les mois à ces deux stations depuis 1921. Les variations mensuelles moyennes de la température et de la salinité, à la surface et au fond, pour les stations Prince 5 et Prince 6, apparaissent à la figure 7. Les courbes de température sont approximativement sinusoïdales, alors que les températures superficielles moyennes sont respectivement de 13 et 10°C et celles au fond de 11 et 9°C. Dans la région, les températures atteignent généralement leur maximum à la fin d'août ou au début de septembre et leur minimum à la fin de février ou au début de mars. La stratification thermique maximale se manifeste à la fin du printemps et pendant les mois d'été, lorsque le réchauffement atteint un maximum, le brassage dû au vent un minimum, tandis que les effets des crues printanières sur l'augmentation de la stabilité verticale sont encore importants.

Les salinités à la surface et au fond, à la station Prince 6, dans la portion intérieure de la région de Quoddy varient de 5,7 et de 1,5 ‰ respectivement au cours d'un an (fig. 7). Dans la portion extérieure de la région de Quoddy, à la station Prince 5, la salinité moyenne pendant l'année est de 1,4 ‰ à la surface et de 0,9 ‰ au fond. Les salinités atteignent généralement leur maximum en octobre et leur minimum en avril ou en mai.

VARIATIONS JOURNALIÈRES

Les variations des températures et de la salinité sous la pleine et la basse mer sont dues en grande partie à l'effet d'advection des marées sous un régime spatial et sont généralement faibles, sauf dans les estuaires et dans les régions peu profondes, près des côtes, où les variations de température peuvent être de l'ordre de quelques degrés et celles de la salinité de plusieurs parties pour mille. Entre avril et octobre il existe généralement une corrélation inverse entre les variations de salinité et de température de la pleine mer et de la basse mer. Pour le reste de l'année, la température et la salinité varient dans le même sens. Pendant toute l'année la plus faible salinité d'un cycle tidal se produit près du moment de la basse mer.

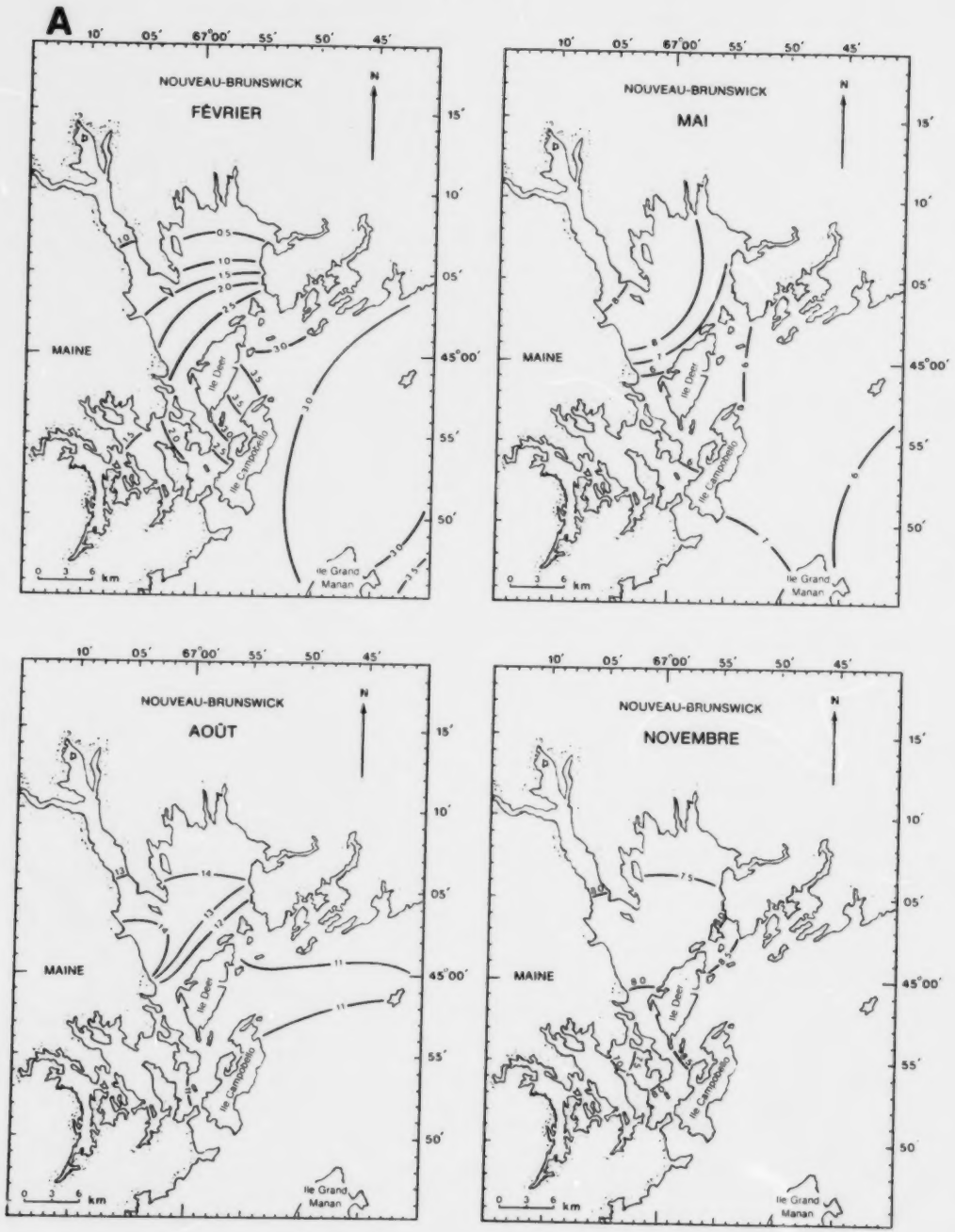


FIG. 6. A) Distribution de la température en surface dans la région de Quoddy en février, mai, août et novembre 1958 ; B) Distribution de la salinité en surface dans la région de Quoddy en février, mai, août et novembre 1958.

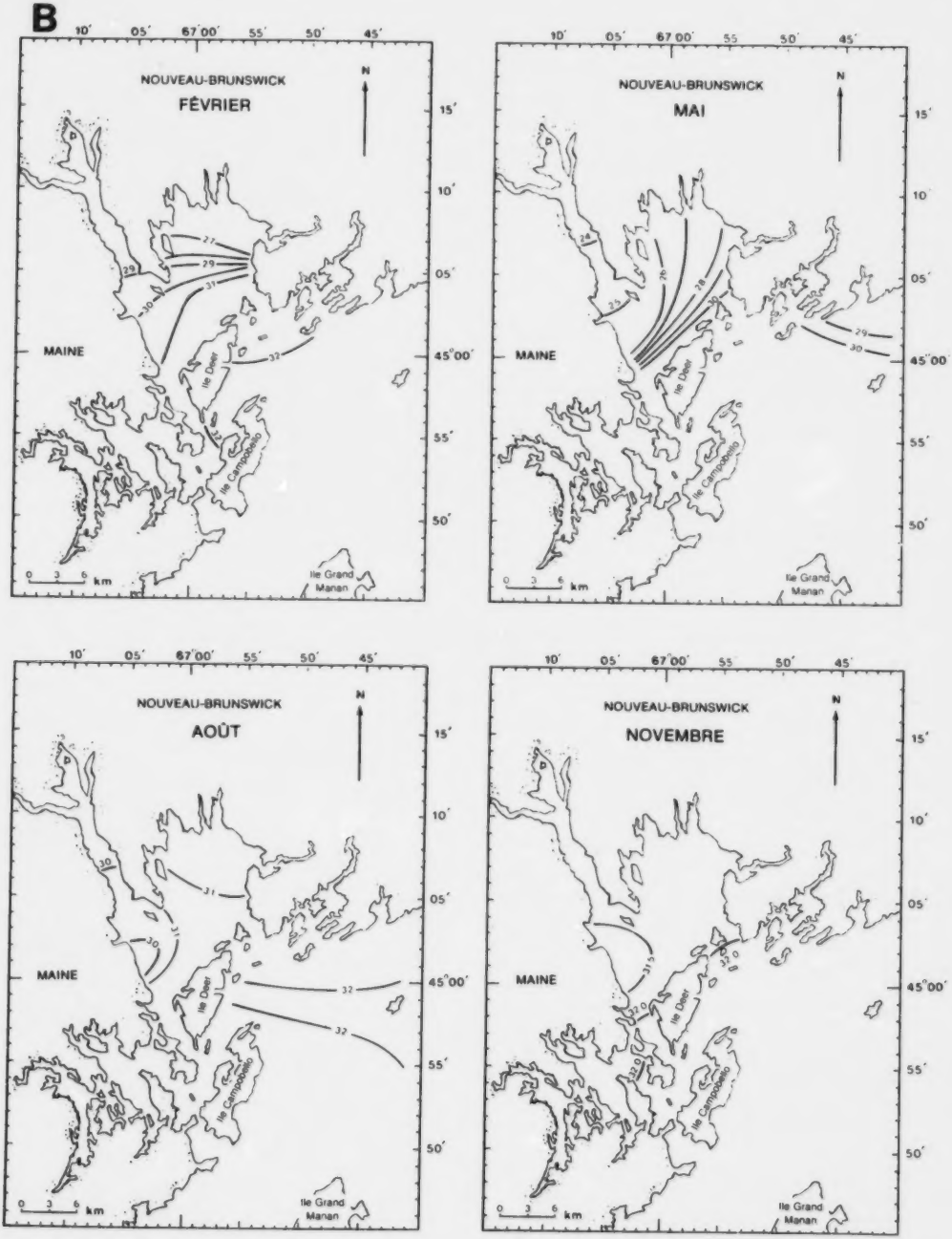

B
NOUVEAU-BRUNSWICK
FÉVRIER
MAI
AOÛT
NOVEMBRE
MAINE
Ile Deer
Ile Campobello
Ile Grand Manan
N
67°00'
45°00'
km

FIG. 6. *(suite)*

Les observations biquotidiennes des températures des eaux superficielles, qui se pratiquent à St. Andrews depuis 1921, forment la plus longue série continue de données sur la température de l'eau jamais recueillie le long de la côte atlantique canadienne. Les moyennes annuelles de la température entre 1921 et 1978, calculées à partir des 12 moyennes mensuelles, sont données à la figure 8. Par rapport à la moyenne pour toute la période (7°C), les températures étaient inférieures à la normale du début des années 1920 au milieu des années 1940; du milieu des années 1940 à 1960 environ, elles étaient supérieures à la normale. Aucune tendance n'apparaît donc nettement. Les données montrent que d'importantes variations de la température se produisent d'une année à l'autre (jusqu'à 1,8°C), ce qui représente une part importante de la variation maximale (2,7°C) entre l'année où les températures étaient les plus basses (1923) et l'année où elles étaient les plus élevées (1951).

Un résumé des températures mensuelles est donné dans la figure 9; y paraissent les valeurs mensuelles moyennes, les extrêmes et l'année où elles se sont produites. Il est intéressant de remarquer que, sur les 24 températures extrêmes, 18 sont groupées sur trois années. Entre novembre 1922 et septembre 1923, neuf mois sur onze présentent des records de basse température. Inversement, la période de décembre 1950 à avril 1951 a connu une température exceptionnellement élevée. Entre mai et septembre 1976, des températures maximales ont été enregistrées, et les mois de juillet, août et septembre 1951 atteignaient presque ces records.

Pour comprendre l'échelle géographique de ces variations de température à long terme, il peut être utile de s'attarder tout d'abord à la température de l'air, dont les mesures couvrent des périodes plus longues et un plus grand nombre de sites que la température de l'eau. Un examen de la variabilité interannuelle de la température de l'air montre une nette corrélation sur des régions géographiques relativement importantes. Par exemple, la corrélation relativement étroite entre les moyennes sur trois ans des moyennes annuelles de la température de l'air pour Ottawa, Fredericton, Eastport et l'île de Sable est évidente (fig. 10). De même, la corrélation entre les températures de l'air et de l'eau est généralement bonne pour des moyennes couvrant plusieurs années (fig. 11). Un certain nombre de chercheurs ont étudié ces variations à grande échelle. Rodewald (1972) a analysé des variations décennales de 1951–1960 à 1961–1970 pour l'Atlantique Nord et observé des variations cohérentes pour toute la région. Il a cependant remarqué que les variations étaient beaucoup plus importantes lors des mois d'hiver que lors des mois d'été.

Malgré une bonne corrélation des températures de l'air et de l'eau sur de longues périodes et pour des régions géographiques importantes, les corrélations pour des fréquences plus hautes (par exemple mensuelles) sont généralement faibles. Cependant, Sutcliffe *et al.* (1976) ont élaboré des matrices de coefficients de corrélation entre les températures mensuelles de la mer et le débit du fleuve Saint-Laurent avec un décalage de 0 à 12 mois, et a montré

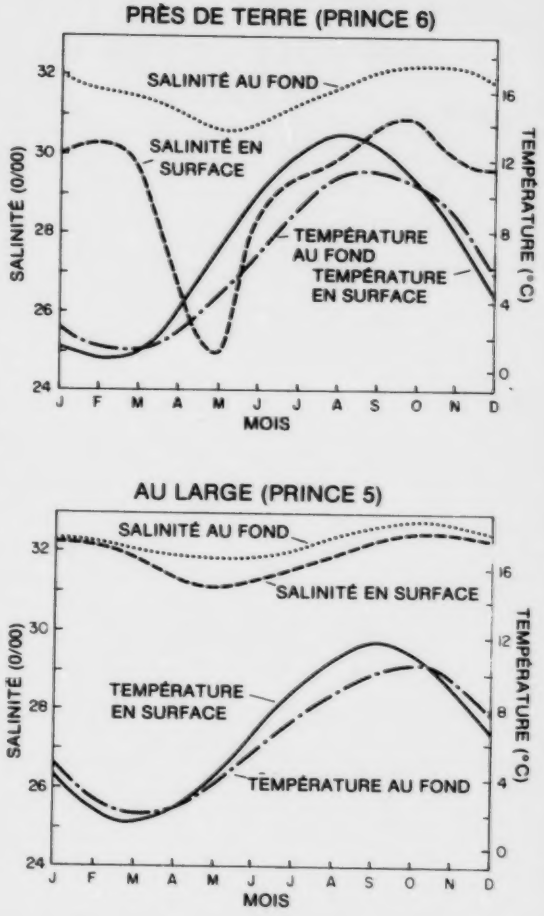


FIG. 7. Variations saisonnières de la température et de la salinité des eaux en surface (Trites, 1962) et des eaux de fond de la région de Quoddy près de la côte (Prince 6) et au large (Prince 5).

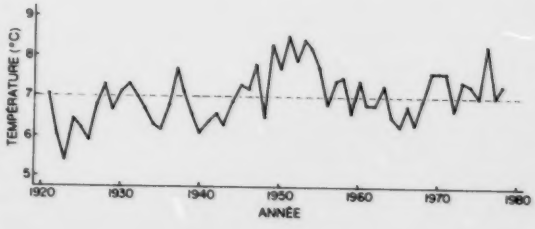


FIG. 8. Température moyenne annuelle à la surface de la mer, St. Andrews (N.-B.) 1921–1978.

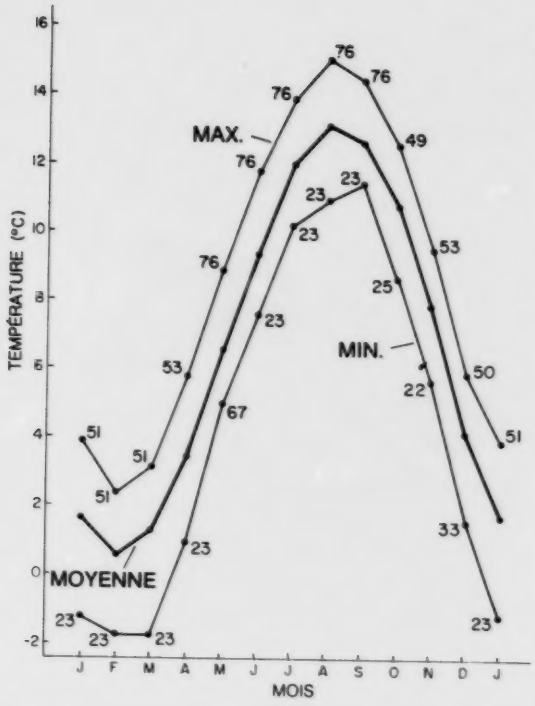


FIG. 9. Température moyenne mensuelle à la surface, St. Andrews (N.-B.) 1921–1978, avec les maximums et les minimums mensuels et l'année de l'occurrence.

que les effets du débit du fleuve Saint-Laurent pouvaient être retracés à travers le golfe du Saint-Laurent jusqu'à la plate-forme Scotian et au golfe du Maine. La vitesse de propagation correspondait à celle des courants côtiers connus (fig. 12).

Courants résiduels

BAIE DE FUNDY — GOLFE DU MAINE

Des bouteilles dérivantes, utilisées de façon sporadique dans la région de la baie de Fundy depuis les années 1920, constituent la source principale des informations saisonnières et annuelles sur les régimes généraux des courants superficiels. Des dériveurs de fond ont été mis à l'eau pour la première fois dans la région dans les années 1960. Des courantomètres ont également été employés, mais c'est seulement depuis deux décennies qu'existent des instruments à enregistrement automatique, qu'il est possible d'installer pour des semaines ou même des mois.

De façon caractéristique, les mouvements résiduels montrent une grande variabilité, dans le temps comme dans l'espace. Il est donc difficile, coûteux et très long d'arriver à une bonne description du régime de circulation et de ses variations saisonnières et annuelles. Les bouteilles dérivantes et les dériveurs de fond sont relativement peu coûteux à utiliser, mais ne fournissent qu'une information limitée — l'emplacement et l'heure de la mise à l'eau, et dans 5 à 25 % des cas, l'emplacement et l'heure de la récupération — à partir de laquelle leur trajectoire et leur vitesse sont reconstruites.

Le régime saisonnier des courants de surface pour la baie de Fundy et le golfe du Maine, tel qu'il a été construit grâce aux bouteilles dérivantes, est résumé par Bumpus et Lauzier (1965). La figure 13 est extraite de leur publication. Au sujet de la baie de Fundy, Bumpus et Lauzier font les observations suivantes :

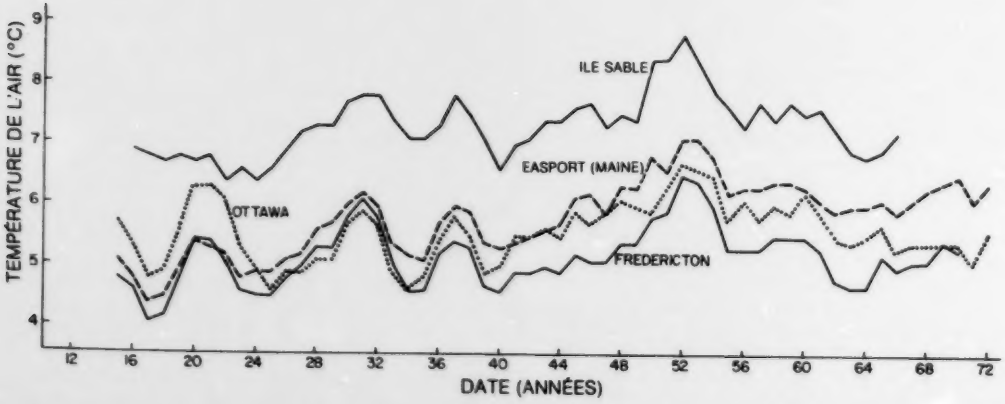


FIG. 10. Courbes des moyennes pondérées également sur 3 ans des moyennes annuelles de la température de l'air à Eastport (Maine), à Fredericton (N.-B.), à Ottawa (Ont.) et à l'île de Sable (N.-É.) (Sutcliffe *et al.*, 1976).

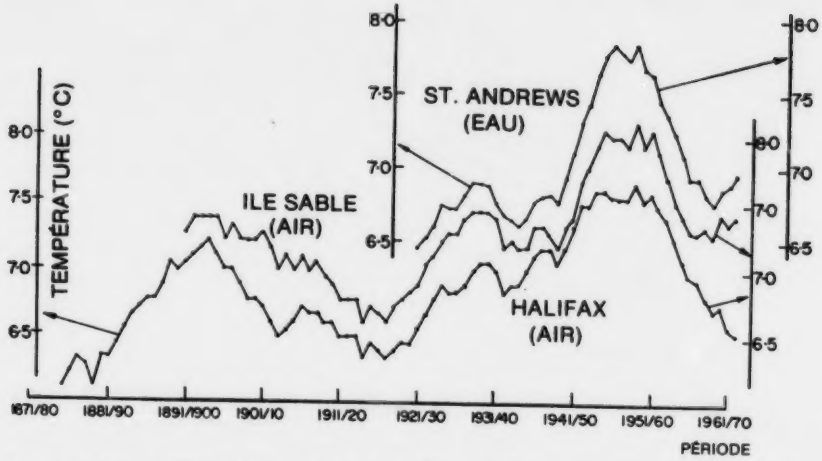


FIG. 11. Température de l'eau en surface à St. Andrews (N.-B.) et températures de l'air à l'île Sable et à Halifax (N.-É.). Les moyennes mobiles sur dix ans des moyennes annuelles sont créditées à la dernière année de la période (Lauzier, 1972).

« La circulation dans la baie de Fundy est liée à celle de la moitié est du golfe du Maine. Il existe en permanence un apport qui suit l'entrée sud de la baie et atteint un minimum durant les mois d'hiver et un maximum durant l'été et l'automne. L'écoulement de la baie vers la partie nord du golfe du Maine atteint un minimum durant les mois d'hiver et un maximum durant le printemps et l'été.

« Dans la baie, la dérive superficielle hivernale se compose d'un gros ou de plusieurs petits tourbillons, qui retiennent dans la baie ce qui y a été libéré ou ce qui y avait déjà pénétré. À cette saison, on observe un mouvement bien marqué du nord-ouest vers le sud-est de la baie. Au printemps, la vitesse moyenne de la composante ouest, qui suit le rivage nord-ouest de la baie, s'accroît. Cette accélération s'accompagne d'un apport plus ou moins direct le long du rivage sud-est de la baie. Ce type de circulation en U se poursuit durant l'été. La circulation automnale est une circulation intermédiaire entre la circulation « ouverte » des mois d'été et la circulation « fermée » des mois d'hiver. »

Il existe moins d'information au sujet de la circulation de fond dans le système baie de Fundy / golfe du Maine qu'au sujet de la circulation de surface.

Lauzier (1967) a résumé les données obtenues grâce à des dériveurs de fond (fig. 14). Sur certains plans, le régime est semblable à celui de surface, bien que les vitesses soient inférieures d'un ordre de grandeur (généralement entre 0,1 et 1 mille marin par jour). On note des différences marquantes lors de la récupération des différents types de dériveurs, notamment à l'intérieur de la baie de Fundy, du côté du Nouveau-Brunswick, zone où la remontée d'eau profonde est prononcée (comme le montre la récupération de nombreux dériveurs de fond et d'une faible proportion de bouteilles dérivantes). Par contre, du côté de la Nouvelle-Écosse, les dériveurs de surface et de fond sont récupérés sur la rive dans des proportions comparables.

Région de Quoddy

Un important programme de mise à l'eau de bouteilles dérivantes a été entrepris dans la région de Quoddy en 1957–1958 (Chevrier et Trites, 1960). Les données obtenues à partir de 48 campagnes ont mis en évidence certaines caractéristiques dominantes de la circulation, ainsi qu'un phénomène général de dispersion. La combinaison de ces données a permis d'identifier les régimes saisonniers, et comme certaines caractéristiques semblaient persister sur la période de deux ans, il a été possible de construire un régime général de la circulation superficielle (fig. 15). Dans la baie Passamaquoddy, la circulation superficielle est généralement anti-horaire à la périphérie. Deux tourbillons cycloniques sont fréquemment présents, le plus important du côté est de la baie, le plus petit dans la partie ouest. Il semble se produire un échange d'eau relativement libre entre ces deux tourbillons. Le vent paraît également avoir une influence marquée sur la situation. Étant donné qu'il varie en force et en direction selon les saisons, d'un vent dominant du sud-ouest en été à un vent du nord-ouest en hiver, on peut attendre un effet correspondant sur la circulation dans la baie Passamaquoddy. Les résultats obtenus grâce aux bouteilles dérivantes montrent par ailleurs la présence d'un courant de décharge qui suit l'estuaire de la St. Croix, le passage Western, la baie Cobscook et le goulet Lubec, et un écoulement variable dans le passage Letite. Dans le passage Head Harbour, la circulation présente un écoulement principal vers l'extérieur du côté de l'île Campobello et un écoulement faible vers l'intérieur le long de l'île

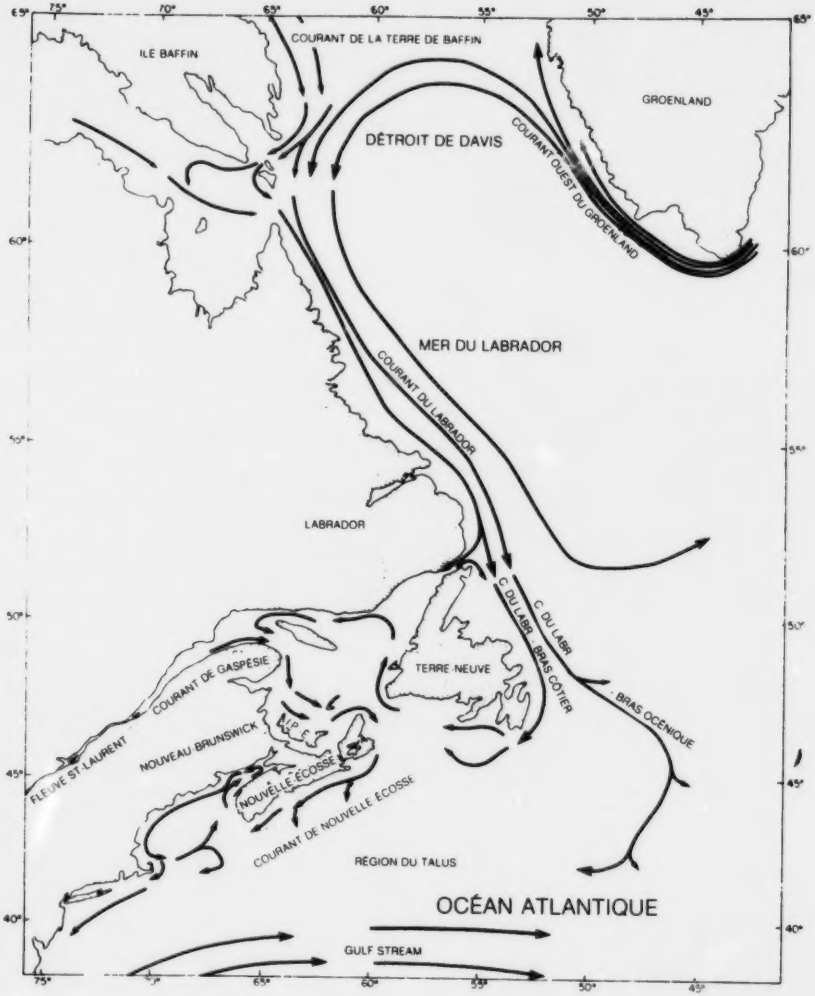


FIG. 12. La circulation en surface générale de la côte nord-ouest de l'Atlantique (Sutcliffe *et al.*, 1976).

Deer. Dans la partie extérieure de la région de Quoddy, The Wolves semblent être au centre d'un tourbillon qui circule dans le sens horaire. La plupart du temps, l'eau superficielle qui sort des baies Passamaquoddy et Cobscook à travers le passage Head Harbour se déplace vers l'est le long de la côte du Nouveau-Brunswick avant de s'éloigner vers le large entre la pointe Lepreau et The Wolves, et de rejoindre ensuite l'écoulement général de la baie de Fundy qui s'oriente vers le large à l'est de l'île de Grand Manan.

L'écoulement résiduel à travers le chenal Grand Manan est variable (McLellan, 1951; Trites, 1961), et il semblerait que le vent joue un rôle important dans la détermination de la force et de la direction de l'écoulement. Ce n'est que le long de la côte du Maine que l'écoulement net semble être généralement dirigé vers le sud-ouest.

Des efforts ont été tentés en 1957–1958 pour déterminer le transport total simultanément dans les passages Letite et Western en mesurant les différences de potentiel électrique causées par le déplacement de l'eau dans le champ magnétique terrestre (Trites et MacGregor, 1962). Bien que l'étalonnage n'ait pas été entièrement satisfaisant, des enregistrements continus pendant de nombreux mois ont permis de conclure que l'écoulement résiduel dans le passage, bien que peu important, était orienté vers l'extérieur dans le passage Western et vers l'intérieur dans le passage Letite.

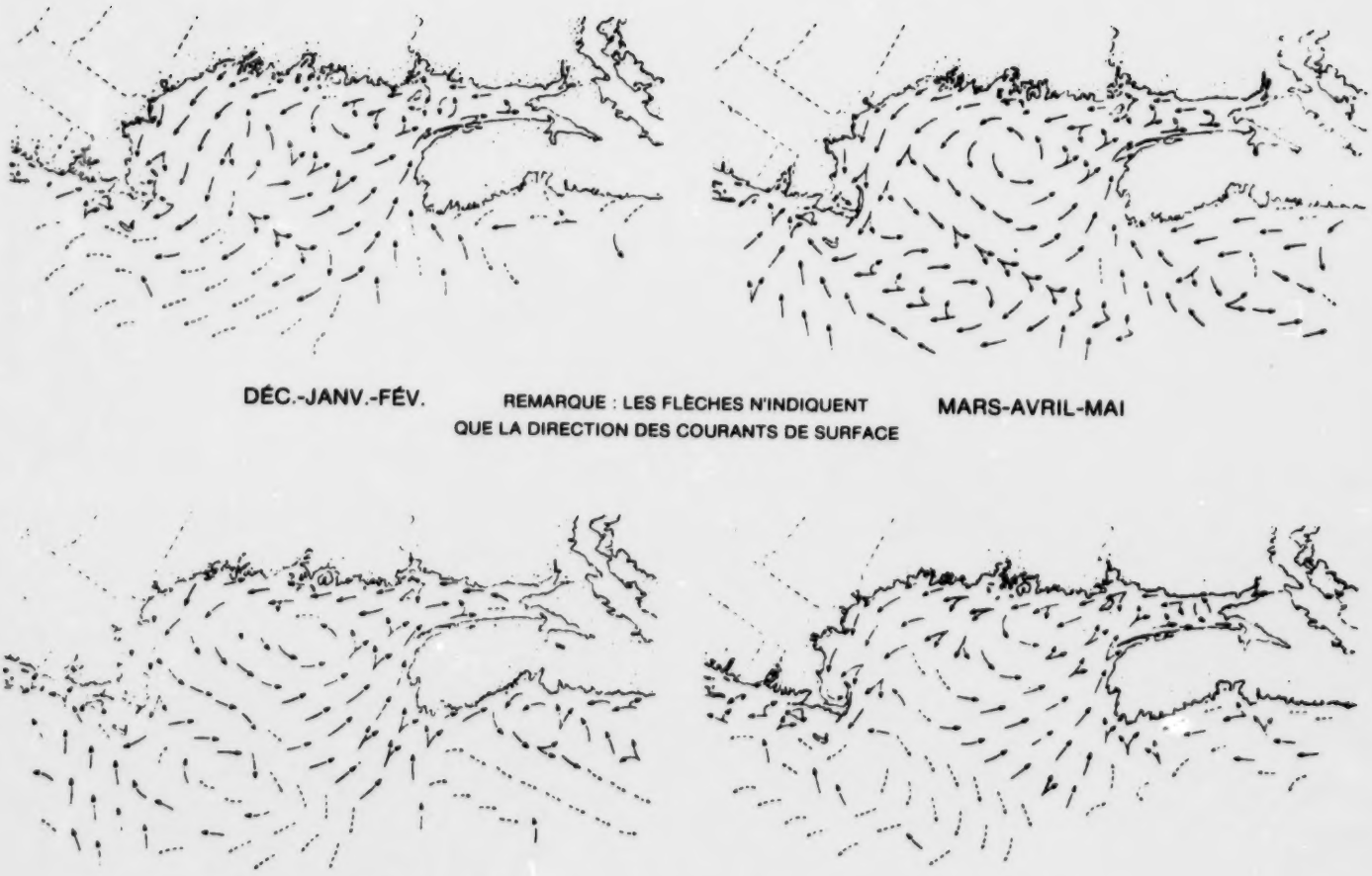


FIG. 13. Courants en surface saisonniers moyens dans la baie de Fundy et le golfe du Maine (Bumpus et Lauzier, 1965).

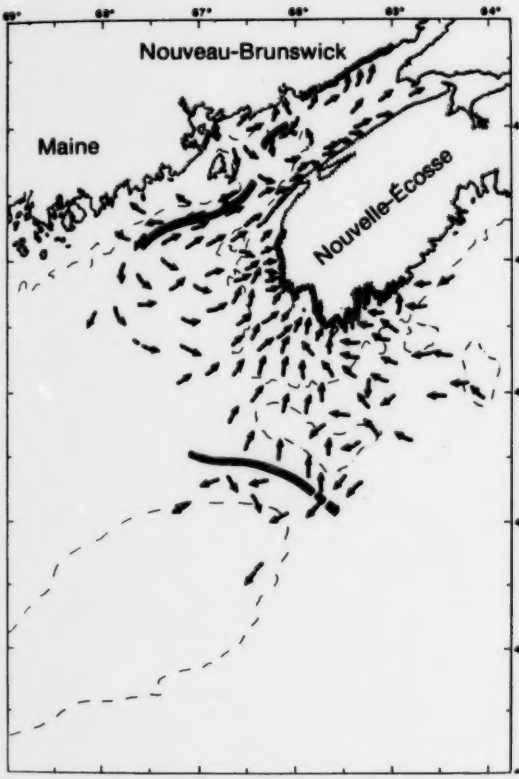


FIG. 14. Dérive résiduelle de fond (hypothétique) du sud-ouest de la Nouvelle-Écosse à la Baie de Fundy (Lauzier, 1967).

RÉGIMES DE COURANTS À PETITE ÉCHELLE

Les caractéristiques décrites dans les sections précédentes donnent une image « aplanie » dans le temps et dans l'espace de l'océanographie locale. De nombreuses zones de la région de Quoddy sont cependant intéressantes pour les importants processus à petite échelle qui s'y manifestent. Par exemple, on observe facilement, d'un navire ou de la rive, des barres d'écume ou des rides de courant de marée, expressions superficielles d'une convergence, qui ne peuvent exister que quelques heures et au même stade de la marée.

L'un de ces processus se produit fréquemment à l'embouchure de la baie Oak à marée descendante (planche 2). L'eau qui sort de la baie Oak est plus dense que l'eau qui descend la rivière St. Croix et tend donc à s'enfoncer sous celle-ci, produisant une convergence marquée par une barre d'écume.

Certains des régimes de courants à petite échelle sont occasionnés par la forme de la ligne de la côte, comme cela se produit dans l'anse Brandy (fig. 16). Des observations faites par hasard et quelques travaux lors des cours d'été du Laboratoire maritime Huntsman indiquent que, tandis que la marée descendante suit la ligne du rivage, la marée montante se sépare en deux au quai de l'Office de recherches sur les pêcheries et donne naissance à un courant orienté vers le sud qui suit la ligne du rivage de l'anse Brandy. Une asymétrie semblable entre les marées montante et descendante se produit près d'autres promontoires, près des îles, et de part et d'autre des passages qui ouvrent la baie Passamaquoddy. De bons exemples en sont donnés à la planche 1, où des différences visibles de la turbidité marquent le partage du flot de marée au niveau d'une petite île dans le passage Letite, et l'écoulement en jet à travers le passage Little Letite.

Les techniques de télédétection permettent parfois de donner une vue synoptique détaillée des variations à la surface de la mer. Même de simples photographies aériennes en noir et blanc, par exemple, révèlent fréquemment des régimes marqués. Une indication de la variation de la structure latérale apparaît de façon très précise sur les planches 3 et 4, qui montrent une petite portion de l'estuaire de la St. Croix, près de St. Andrews, et la région du passage Letite. Ces deux planches montrent des convergences superficielles marquées et des variations de la turbidité; la planche 3 montre également comment les variations de la rugosité superficielle, dues à un effet d'abri ou d'amortissement par les films de surface, apparaissent dans la variation du scintillement du soleil. Il aurait été intéressant d'avoir des mesures *in situ* de la température, de la salinité, de la turbidité, des courants et des régimes de vagues à des points choisis dans la région photographiée. Complétées par des observations sur le terrain, la photographie aérienne et les autres formes de télédétection deviennent des instruments océanographiques puissants qui révèlent de façon synoptique et détaillée les variations à petite échelle.

Autres caractéristiques

VAGUES ENGENDRÉES PAR LE VENT

Pour décrire le climat des vagues d'une région, on utilise ses propriétés statistiques; par exemple, la « hauteur des vagues » veut généralement dire la « hauteur significative des vagues », ce qui représente la hauteur moyenne du tiers le plus élevé des vagues. Près d'un sixième de toutes les vagues sont donc plus hautes que cette valeur. Pour des vagues de vent entièrement levées, la hauteur de la vague maximale est environ le double de la hauteur significative.

Les conditions des vagues dans les baies Passamaquoddy et Cobscook sont très différentes de celles de la partie externe de la région de Quoddy. Les vagues engendrées localement ont une hauteur, une longueur et une période limitées à cause de la petitesse du fetch. La houle provenant de tempêtes éloignées en est presque totalement absente, puisqu'elle se dissipe dans les chenaux qui relient la haute mer et les baies. La différence de hauteur maximale entre les vagues produites dans la baie Passamaquoddy et celles de la partie ouverte de la baie de Fundy, peut être déduite du tableau 1. Pour une faible vitesse du vent (<10 noeuds), les hauteurs maximales sont comparables pour les deux régions, alors que pour des vitesses

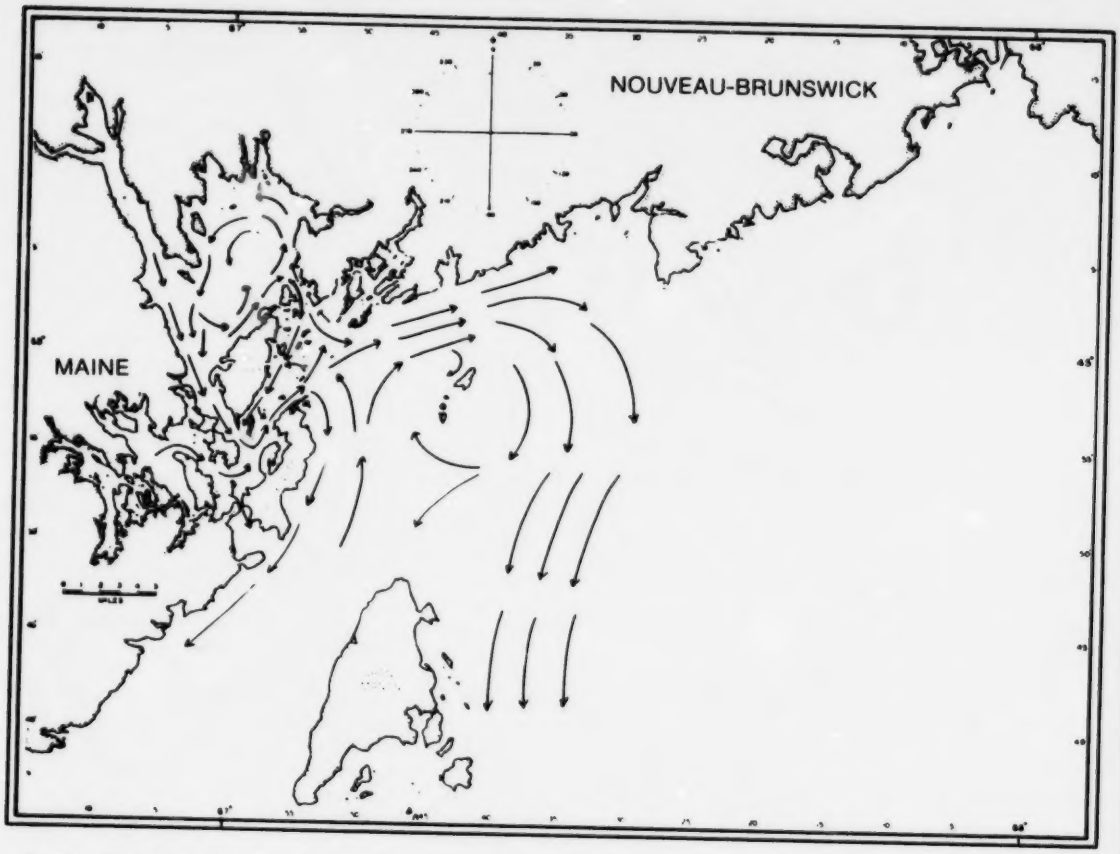


FIG. 15. Circulation générale en surface dans la région de Quoddy pour 1957-1958 d'après des données de bouteilles dérivantes (Chevrier et Trites), 1960).

élevées les hauteurs maximales à l'extérieur seront presque trois fois supérieures à celles d'une région comme la baie Passamaquoddy.

Des études du climat des vagues montrent que les hauteurs des vagues diminuent, en moyenne, lorsque l'on se déplace du golfe du Maine vers la baie de Fundy (fig. 17A, B). L'Institut océanographique de Bedford a entrepris des analyses sur une période d'un an, pour des carrés de 1° de latitude et de longitude (H.J.A. Neu, communication personnelle). La figure 17A montre les résultats pour ces deux régions. La hauteur significative de la vague est portée en abscisse, le pourcentage de vagues excédant cette hauteur porté en ordonnée, et le graphique indique non seulement que les vagues les plus grosses se produisent dans le golfe du Maine, mais également que des vagues d'une hauteur donnée se produisent plus de deux fois plus souvent dans le golfe du Maine que dans la baie de Fundy.

TABLEAU 1. Hauteurs de vagues significatives (m) qui seraient produites, en théorie, par des vents de diverses forces soufflant sur diverses courses (Bigelow et Edmondson, 1947).

Vitesse du vent (noeuds)	Fetch (milles marins)		
	10	100	500
10	0,5	0,6	0,6
20	0,9	2,3	3,0
30	1,5	4,0	6,1
40	2,1	5,8	9,5
50	2,6	7,3	13,4

Dans la portion externe de la région de Quoddy, la mer, étudiée sur le plan climatique, présenterait des vagues et des houles. Des mesures de vagues, prises pendant un an près de Lorneville à l'aide d'une bouée Waverider (Neu et Vandall, 1976) donnent les conditions dans la portion externe de la région de Quoddy. Un diagramme de fréquences qui montre la distribution des périodes des vagues apparaît à la figure 17C. Bien que les vagues qui se produisent le plus fréquemment aient une période de 4 à 6 secondes, près d'un tiers de toutes les vagues proviennent de l'extérieur de la baie de Fundy sous la forme de houle et ont des périodes qui atteignent 15 secondes.

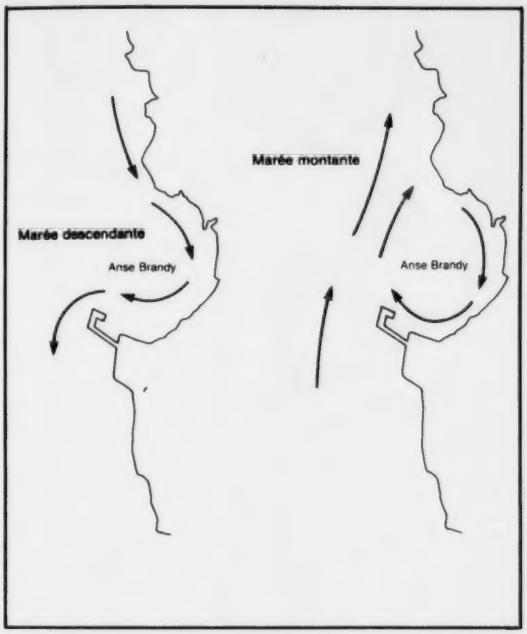


FIG. 16. Courants de marée montante et de marée descendante dans la région de l'anse Brandy.

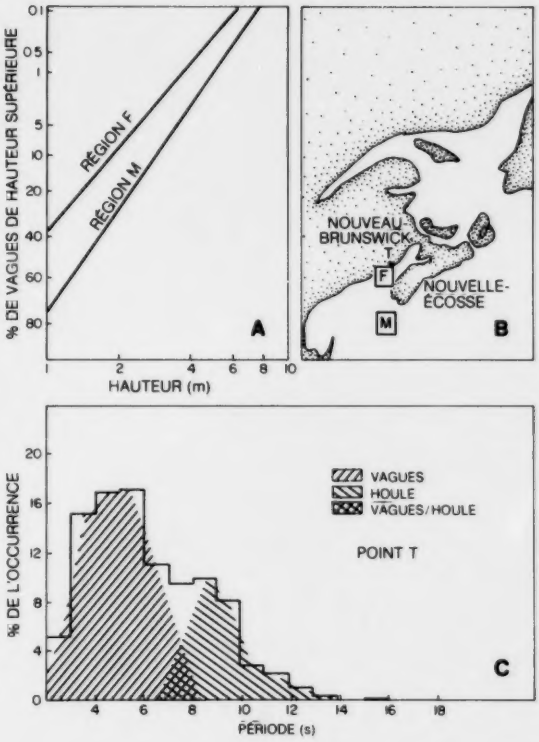


FIG. 17. A) Pourcentage de vagues de hauteur supérieure et hauteurs de vagues significatives (m) dans deux régions : baie de Fundy (F) et golfe du Maine (M), entre juin 1977 et mai 1978 (H.J.A. Neu, comm. pers.) ; B) Zones où les données ont été recueillies ; C) Distribution des périodes des vagues à la pointe Tiner (T), données recueillies sur une période de un an à l'aide d'une bouée Waverider (Neu et Vandall, 1976).

ONDES INTERNES

Le brassage tidal vigoureux et la faible stratification de la région de Quoddy en font un environnement généralement peu propice aux ondes internes. Cependant, là où une stratification existe, des ondes internes peuvent apparaître et sont souvent visible d'en haut, à cause des effets des courants qui leur sont associés sur les ondes de surface. Les planches 5 et 6 montrent des régimes à la surface de la mer qui sont presque certainement causés par des ondes internes.

GLACES

Le long de toute la côte atlantique canadienne, de la glace se forme normalement chaque hiver, pendant de courtes périodes au moins. Dans la région de la baie de Fundy, les zones où se forme de la glace se limitent généralement aux côtes, aux petites baies et aux estuaires. Sous l'effet du vent et de la marée, la glace peut se déplacer de sa zone de formation jusque dans les eaux ouvertes à quelques milles de la rive. Dans les régions où les marées et les courants sont faibles (par exemple, l'anse Katys, l'étang Oak Bay et l'étang Sam Orr) la couverture de glace est généralement totale pendant plusieurs mois.

Par le passé, la couverture de glace a parfois été beaucoup plus considérable. Par exemple, en 1922–1923, la baie Passamaquoddy a été entièrement recouverte de glace une partie de l'hiver et les gens ont pu traverser sur la glace de l'île Deer à St. Andrews. Cette même année a connu un record de basse température de l'eau. Au début des années 1930, la formation de glace dans l'estuaire de la St. Croix a été assez considérable pour arracher le quai de la Station de biologie (H.B. Hachey, communication personnelle).

Circulation estuarienne

Toute la baie de Fundy pourrait être appelée un estuaire parce que l'eau qu'elle contient est beaucoup plus douce que l'eau de mer au large. En effet, Ketchum et Keen (1953) ont déterminé que le « temps de chasse » était d'environ 76 jours pour la baie de Fundy. La baie Passamaquoddy peut donc être considérée comme un estuaire qui se déverse dans la baie de Fundy et les plus petits systèmes, par exemple l'estuaire de la St. Croix, peuvent être considérés comme des estuaires se déversant dans « l'océan » de la baie Passamaquoddy.

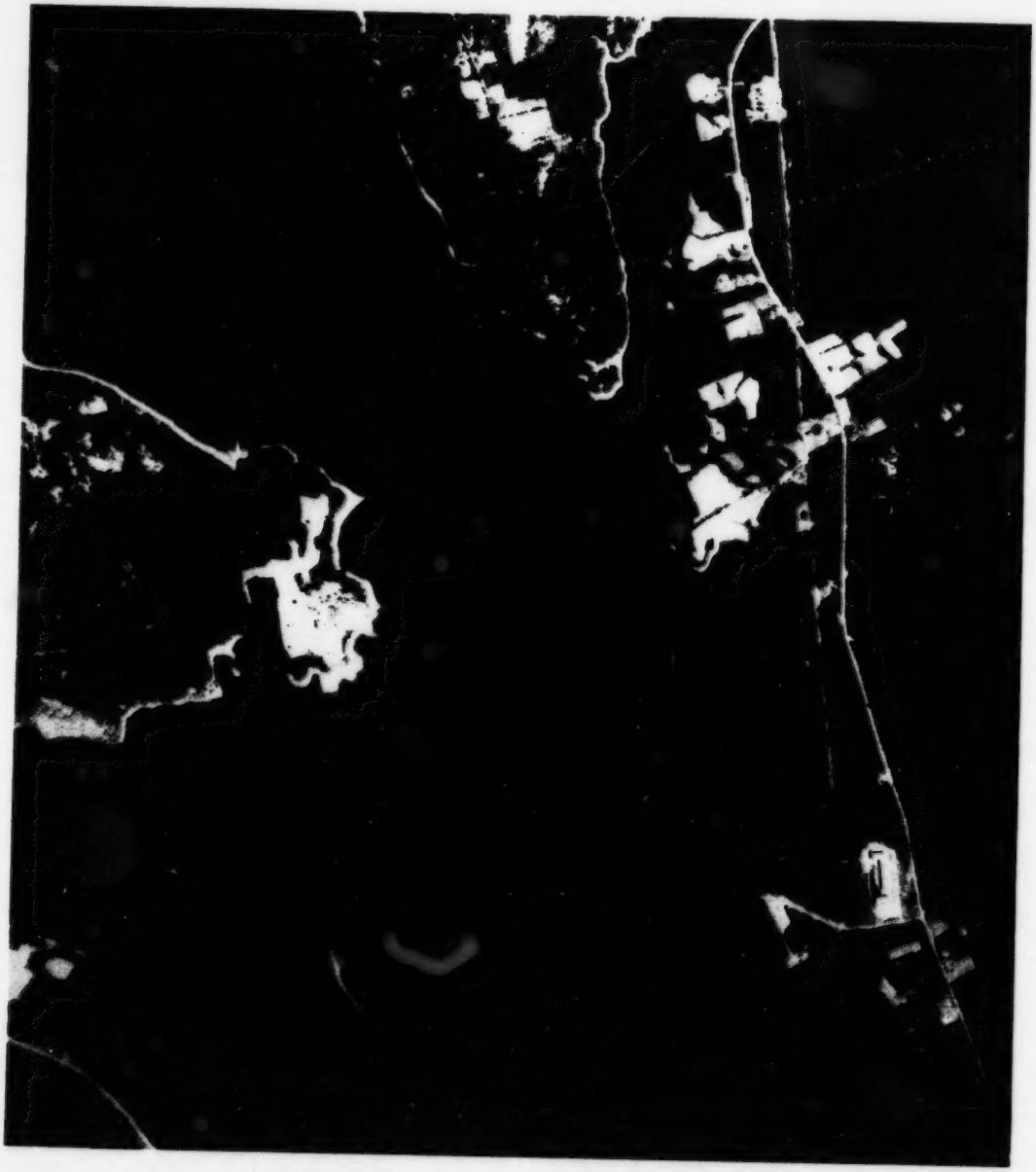


PLANCHE 2. Convergence de surface marquée par une ligne d'écume à l'embouchure de la baie Oak (Photothèque nationale de l'air, Ottawa).

PLANCHE 3. Configuration de la surface de la mer dans l'estuaire de la St. Croix (Ministère des Ressources naturelles du Nouveau-Brunswick).

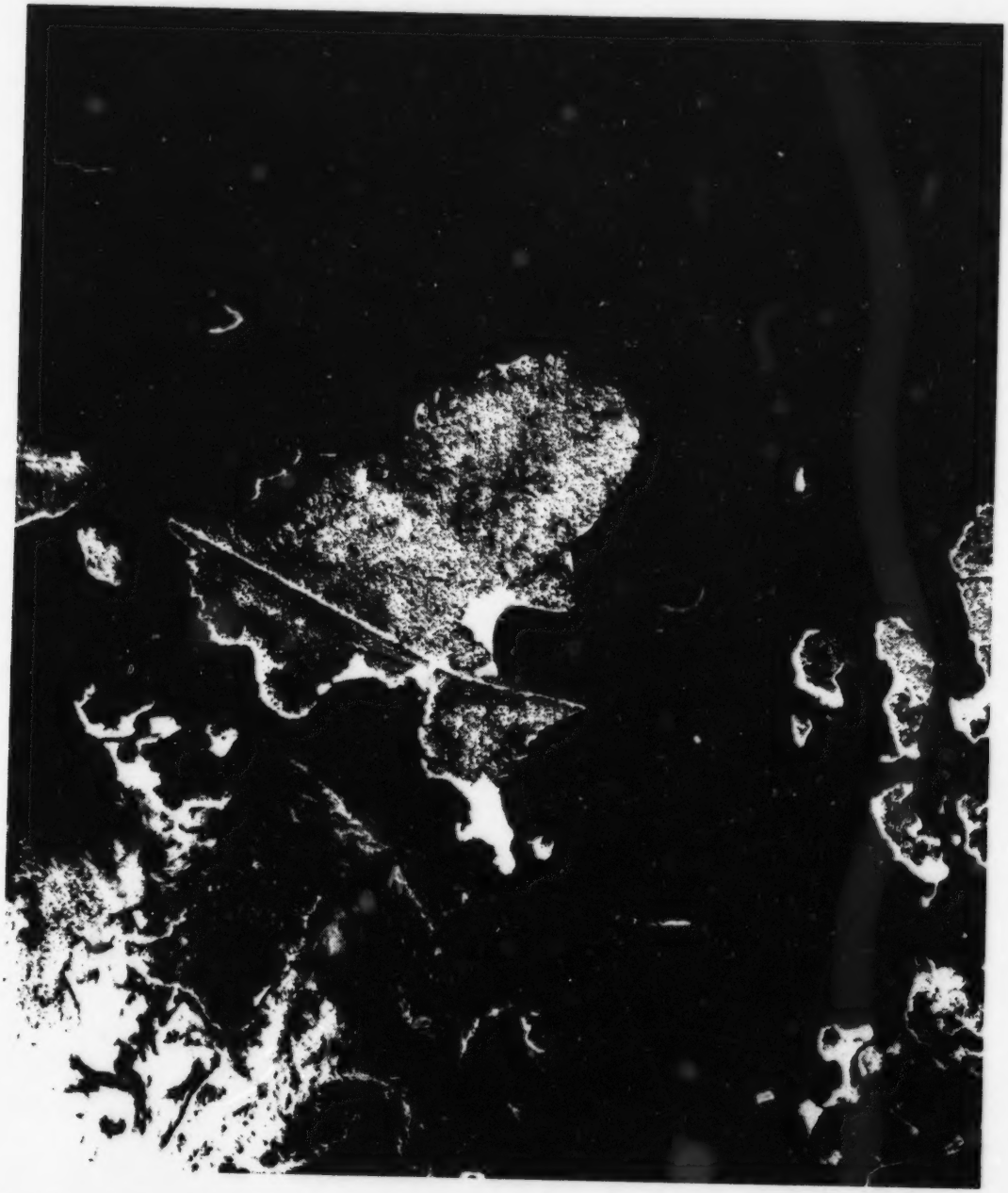


PLANCHE 4. Configuration de la surface de la mer au moment où la marée descend à travers le passage Letite (Ministère des Ressources naturelles du Nouveau-Brunswick).

PLANCHE 5. Ondes internes à l'est de l'île Minister (Photothèque nationale de l'air, Ottawa).

PLANCHE 6. Ondes internes dans la baie Passamaquoddy au sud de St. Andrews (Photothèque nationale de l'air, Ottawa).

ESTUAIRE DE LA ST. CROIX

La figure 18 est un profil indiquant la salinité de l'estuaire de la St. Croix établie lors d'un cours d'été en juillet 1976 et d'après des données obtenues aux stations 1 à 7. La courbe est loin d'être régulière parce que les données ont été prélevées sans égard au stade de la marée (idéalement, la salinité moyenne pour un cycle tidal à chaque station serait préférable), et en fait l'inversion de salinité à la station 6 suggère que les propriétés de l'eau ont varié pendant la période nécessaire pour terminer la station. Cependant, la courbe illustre bien le brassage rapide de l'eau douce déversée par la rivière St. Croix, qui est causé par la turbulence associée aux forts courants de marée de l'estuaire.

Dans la classification estuarienne standard (Pickard, 1975), l'estuaire de la St. Croix serait décrit comme étant « légèrement stratifié », avec une salinité qui s'accroît vers la mer à toutes les profondeurs et avec un faible gradient vertical de salinité. Les effets contraires du déversement d'eau douce (qui tend à stratifier l'estuaire) et les courants de marée (qui tendent à en mélanger l'eau) peuvent être quantifiés grâce au « nombre estuarien », E_s, défini ainsi :

$$E_s = \frac{U^3 b}{g Q_f}$$

où U représente le courant de marée moyen, b la largeur de l'estuaire, g la gravité et Q_f le débit d'eau douce (Turner, 1973). Une faible valeur de E_s (faible marée ou débit élevé) entraînerait une bonne stratification, et une valeur élevée serait associée à des conditions de fort brassage. La transition se produit entre 0,03 et 0,3. Le courant de marée moyen, U, est lié au « prisme tidal » (le volume d'eau qui pénètre dans l'estuaire ou qui traverse une section transversale donnée lors de la marée montante) de la façon suivante : $1/2\ UbHT = AZ$, T étant la période de la marée, Z l'amplitude de la marée, H la profondeur moyenne et A la surface en aval. Cette formule ou mesure directe des courants de marée donne une estimation de $U \simeq 0{,}25\ m \cdot s^{-1}$ comme valeur moyenne typique. Pour $b \simeq 2$ km et $Q_f \simeq 70\ m^3 \cdot s^{-1}$, on obtient $E_s = 0{,}04$ pour la zone de transition. Une explication détaillée de la structure de salinité observée en termes de courants de marée, de débit d'eau douce et de topographie nécessiterait un modèle mathématique élaboré (voir Dyer, 1973; Fisher, 1976). Il ne faut également pas oublier que le transfert de chaleur ou de quantité de mouvement à la surface air-mer peut produire une modification significative de la stratification verticale.

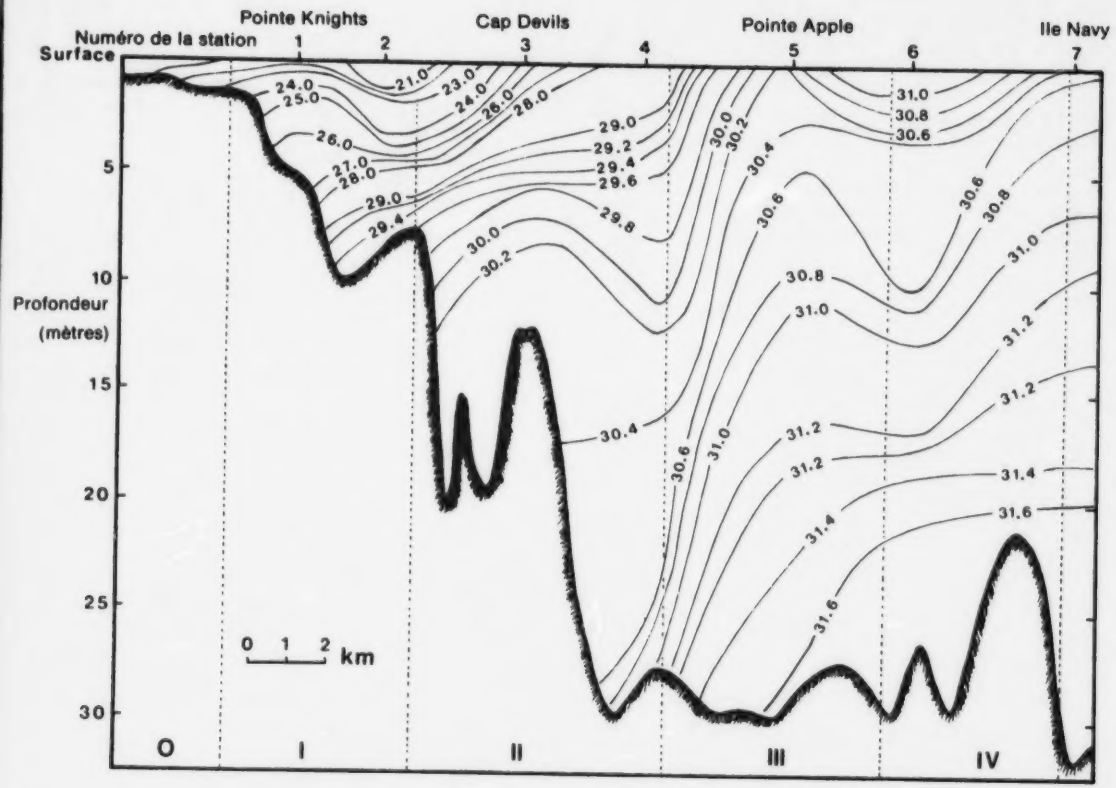


FIG. 18. Coupe de la salinité dans l'estuaire de la St. Croix selon des données des stations 1 à 7 en juillet 1976.

TEMPS DE CHASSE

Un modèle numérique détaillé serait utile pour prévoir le devenir des polluants, mais on peut établir une valeur utile et généralement adéquate qu'on appelle le « temps de chasse ». Il s'agit du temps nécessaire pour que l'écoulement de la rivière remplace la « fraction d'eau douce » qui correspond à la quantité d'eau douce nécessaire pour produire la salinité observée en diluant l'eau de la baie Passamaquoddy. En utilisant cette technique, Ketchum et Keen (1953) ont trouvé un temps de chasse de 8 jours pour l'estuaire de la St. Croix (valeur confirmée par la suite plusieurs fois par des étudiants du cours d'été du Laboratoire maritime Huntsman) en se fondant sur les salinités observées dans l'estuaire. Il est intéressant de remarquer que ce temps correspond à leur évaluation a priori, fondée sur leur technique de « prisme tidal modifié », qui pose pour hypothèse que, pour chaque cycle tidal, un brassage complet se produit pour chaque longueur d'estuaire, d'après le déplacement d'une parcelle d'eau avec la marée (chiffres romains de la figure 18).

Pour la baie Passamaquoddy, Ketchum et Keen (1953) ont utilisé les salinités observées et une salinité de référence de la baie de Fundy pour évaluer le temps de chasse à environ 15 jours.

DIAGRAMME TEMPÉRATURE – SALINITÉ (T–S)

Le brassage vigoureux qui se produit dans l'estuaire de la St. Croix est souligné par le diagramme T–S de la figure 19. À première vue, le diagramme T–S pour tout l'estuaire est linéaire, et représente un mélange entre l'eau de rivière chaude et douce (dont la température peut être prédite en extrapolant la ligne pour la station 1 ou 2 à une salinité 0) et l'eau froide et salée de la baie Passamaquoddy. Lorsque la relation n'est pas parfaitement linéaire, l'écart est probablement dû en grande partie au réchauffement de l'eau par le soleil à mesure qu'elle descend l'estuaire.

TURBIDITÉ

La turbidité de la colonne d'eau régit la profondeur de pénétration de la lumière solaire et donc l'épaisseur de la zone euphotique. La figure 20 montre les courbes des pourcentages de l'éclairement de surface qui atteint une profondeur donnée (grâce à des mesures photoélectriques faites lors d'un cours d'été en juillet 1976 au Laboratoire maritime Huntsman). L'augmentation du taux d'affaiblissement en fonction de la profondeur en direction de l'amont suggère que l'eau douce qui arrive à

l'estuaire est plus turbide que l'eau salée. En fait, si la turbidité est mesurée à l'aide d'un instrument de mesure de l'affaiblissement de la lumière, puis rapportée sur un diagramme avec la salinité, la courbe obtenue est souvent linéaire avec de très faibles valeurs de la turbidité aux salinités qui représentent l'eau de la baie Passamaquoddy. Cela pourrait indiquer qu'au milieu de l'été la turbidité est presque entièrement associée à l'eau de rivière plutôt qu'à des particules provenant de l'érosion ou de la productivité biologique plus en aval dans l'estuaire.

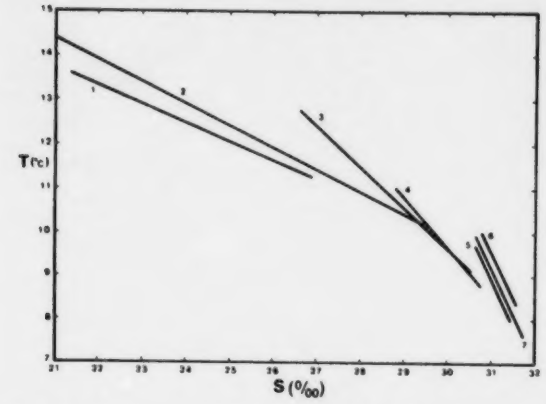


FIG. 19. Diagramme T–S pour l'estuaire de la St. Croix, correspondant aux données et aux stations de la figure 18.

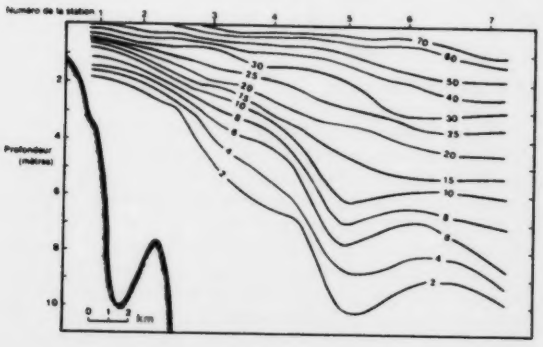


FIG. 20. Pourcentage de l'éclairement de surface qui atteint une profondeur donnée dans l'estuaire de la St. Croix en juillet 1976, pour les stations de la figure 18.

Brassage et dispersion

Le brassage vigoureux associé aux forts courants de marée dans l'estuaire de la St. Croix a été traité dans la section précédente. Un certain brassage se produit également dans la baie Passamaquoddy, en particulier dans les passages qui y mènent. Le brassage vertical, associé à un courant de marée d'amplitude U dans une eau de profondeur H, peut être représenté en gros par une diffusivité de tourbillon d'environ $10^{-3}\ UH$ pour de l'eau homogène, qui diminue avec l'augmentation de la stratification par densité (Csanady, 1976). La diffusivité de tourbillon horizontale est de l'ordre de $10\ UH$, mais est aussi réduite par la stratification (Csanady, 1976).

Dans la région de Quoddy, la tendance à la stratification est associée en grande partie à l'apport d'eau douce. Cependant, le rayonnement solaire seul peut produire la stratification au milieu de l'été, malgré l'effet de mélange des courants de marée, si H/U^3 est supérieur à environ 70 $m^{-2}s^3$ (Garrett *et al.*, 1978). Pour le centre de la baie Passamaquoddy, nous pourrions avoir $H = 30$ m et $U = 0{,}25\ m{\cdot}s^{-1}$, ce qui donnerait $H/U^3 \simeq 2\,000\ m^{-2}{\cdot}s^3$. Une différence de température d'environ 4°C entre le fond et la surface se produit en été (Forgeron, 1959), mais elle est moindre que ce à quoi l'on pourrait s'attendre si ce n'était du brassage qui a lieu dans les passages qui conduisent à la baie.

La dispersion horizontale dans la région de Quoddy, qu'il s'agisse de celle de larves de harengs ou de déversement de pétrole, est due à une combinaison du brassage tidal, de la circulation résiduelle et de la circulation passagère engendrée par le vent. La figure 21 donne un exemple de la dispersion de bouteilles dérivantes en surface, mais cela n'indique pas la rapidité du processus. Selon Loucks *et al.* (1974) la plus grande partie de la région de Quoddy serait polluée en moins d'une semaine si du pétrole était déversé dans le passage Head Harbour.

Projets suggérés

Cette section se veut essentiellement un guide pour les étudiants et les professeurs des cours d'été du Laboratoire maritime Huntsman. De nombreux problèmes scientifiques intéressants viendront d'eux-mêmes à l'esprit du lecteur curieux, ou à quiconque fera des observations océanographiques dans la région de Quoddy; nous présentons ci-dessous quelques idées suscitées par les études scientifiques que nous avons faites ou les cours que nous avons donnés dans la région. Plusieurs des projets suggérés prévoient l'utilisation de l'estuaire de la St. Croix comme laboratoire naturel pour l'étude des aspects fondamentaux de l'océanographie physique, plutôt que des problèmes locaux particuliers. Lorsque nous avons défini ces projets, nous n'avons pas tenté de leur donner une importance relative. Nous avons plutôt restreint nos suggestions à ce qui pourrait être facile à étudier compte tenu des contraintes de temps, de main-d'oeuvre et d'installations, et à ce qui pourrait être réalisé près de St. Andrews.

1) Si on a installé un marégraphe, comparer l'heure et la hauteur observées des pleines et des basses mers avec les prédictions des tables des marées. Les différences semblent-elles être liées à des effets météorologiques locaux ou à l'apport d'eau douce?

2) Recalculer la dissipation de la marée qui se produit dans la région de Quoddy. Si toute cette énergie chauffe l'eau par effet Joule, à quelle vitesse celle-ci se réchauffe-t-elle? (Considère-t-on que la pollution thermique causée

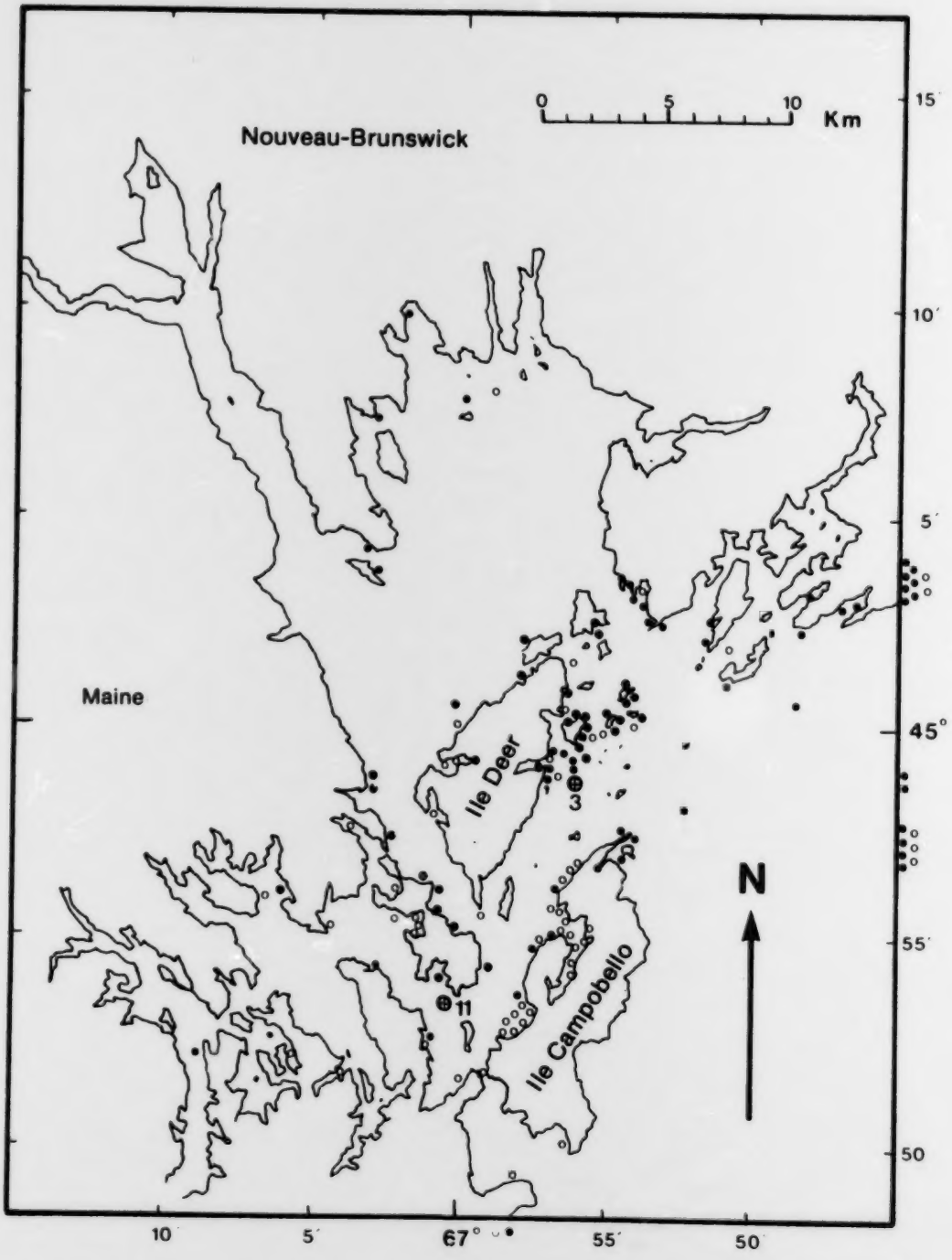


FIG. 21. Points de récupération des bouteilles dérivantes lâchées aux stations QP3 (points) et QP11 (cercles) (Anonyme, 1974).

par des centrales nucléaires situées sur la baie de Fundy puisse être un problème?)

3) Sutcliffe *et al.* (1976) ont établi un lien entre la température de l'eau à St. Andrews et l'écoulement du St-Laurent huit mois plus tôt. Quel effet a la rivière St. Croix?

4) Étudier la circulation dans l'anse Brandy à divers stades de la marée en utilisant des dériveurs de surface (les oranges et les pamplemousses sont tout indiqués), des drogues (faites, par exemple, d'un morceau de contreplaqué de 1 m sur 1/2 m, muni de briques sous la surface comme poids et d'une courroie au-dessus attachée à une petite bouée en surface; ou de deux morceaux de contreplaqué fixés en croix), et des courantomètres à lecture directe.

5) Étudiez la circulation en aval de l'île St. Croix avec les techniques proposées pour le projet 4.

6) L'écoulement au passage des méandres des rivières est intéressant; le flot est plus rapide dans la partie intérieure de la courbe, et un courant de fond se dirige vers ce même côté (voir Scorer, 1958, p. 79). Cela est-il vrai pour l'estuaire de la St. Croix?

7) Des « fronts » à petite échelle, limite entre des masses d'eau aux propriétés différentes (en particulier la densité), sont souvent visibles dans l'estuaire de la St. Croix, où ils sont marqués par des barres d'écume (voir les planches 2 et 3). Mesurer les profils de température et de salinité des deux côtés du front et la vitesse de convergence de dériveurs de surface placés de part à d'autre de ce front. Confrontez les taux de convergence à la théorie (voir Turner, 1973 et Britter et Simpson, 1978, mais, en gros, s'attendre à ce que les vitesses soient proportionnelles à $[g(\Delta\rho/\rho h]^{1/2}$. Les symboles sont expliqués dans le diagramme simplifié de la figure 22). Faire des simulations en laboratoire.

8) Remarquer l'interaction entre les ondes de surface et le champ de courant près de ces fronts et ailleurs. Que se passe-t-il? (Voir Phillips, 1977)

9) De petits réservoirs en plexiglass peuvent être utilisés en laboratoire pour effectuer des expériences simples sur les ondes superficielles et internes, ce qui aide à comprendre les observations faites sur le terrain. Chercher des idées chez Turner (1973).

10) Obtenir des profils de température et de salinité pour l'estuaire de la St. Croix. Calculer le temps de chasse. Tenter d'évaluer un bilan thermique de l'eau dans l'estuaire. (Pour avoir des chiffres à jour sur le débit journalier d'eau douce, téléphoner au surveillant de la station thermique de Grand Falls.)

11) Classer l'estuaire de la St. Croix selon la classification des estuaires par une recherche détaillée au lieu d'utiliser simplement le nombre estuarien dont nous avons parlé à la section sur les caractéristiques des estuaires (voir Dyer, 1973).

12) Mesurer la turbidité de l'eau et établir un lien avec la turbidité des sources d'eau fraîche et salée, ou l'apport local. Quelle proportion de la turbidité est d'origine naturelle et quelle proportion est engendrée par les activités de l'homme?

13) Compléter une coupe de l'estuaire en mesurant les profils de température, de salinité et de turbidité au pont international entre Calais et St. Stephen. (Un coin salé sera observé près du moment de la pleine mer pour des débits moyens ou faibles d'eau douce; sinon, la température et la turbidité de l'eau douce sont des points utiles pour établir les diagrammes T–S et turbidité–S.)

14) Si on remarque, au pont international, un coin salé qui progresse vers l'amont à marée montante alors que l'eau de la rivière s'écoule vers l'aval au-dessus, mesurez la différence de courant U et la différence de densité $\Delta\rho$ entre les deux couches, et si possible, l'épaisseur h de l'interface. Calculer le nombre de Richardson : $g(\Delta\rho/\rho)h/U^2$ (voir Turner, 1973).

15) Étudier l'océanographie physique (bilan thermique et bilan de salinité, circulation, brassage) de petites masses d'eau, par exemple l'anse Katys, l'étang Sam Orr et l'étang Oak Bay.

16) Comparer les résultats obtenus en utilisant la technique de la fraction d'eau douce de Ketchum et Keen pour mesurer le temps de chasse dans l'estuaire de la St. Croix avec les résultats obtenus en utilisant une autre méthode.

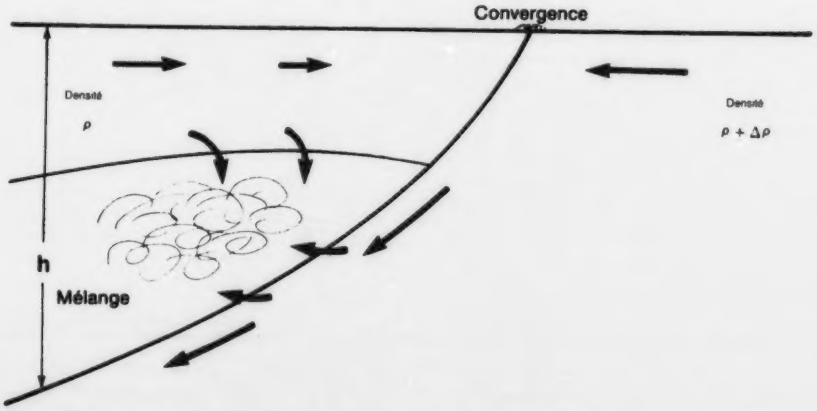


FIG. 22. Coupe schématique d'une zone frontale qui sépare des eaux de densité différente.

Remerciements

Les auteurs remercient Bechara Toulany, qui a apporté son aide précieuse à l'organisation de ce texte, et J.R. Keeley, D.L. DeWolfe, H.B. Hachey, Lung-Fa Ku et H.J.A. Neu pour les informations qu'ils nous ont données, soit lors de discussions, soit en nous fournissant des données non publiées.

Références

ANON. 1970. Hydrographic tidal manual. Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa (Ont.). 143 p.

1974. Summary of physical, biological, socio-economic and other factors relevant to potential oil spills in the Passamaquoddy Region of the Bay of Fundy. Fish. Res. Board Can. Tech. Rep. 428 : 229 p.

BIGELOW, H.B. ET W.T. EDMONDSON. 1947. Wind waves at sea breakers and surf. U.S. Navy Dep. Hydrographic Office Publ. 602 : 177 p.

BRITTER, R.E. ET J.E. SIMPSON. 1978. Experiments on the dynamics of a gravity current head. J. Fluid Mech. 88 : 223–240.

BUMPUS, D.F. ET L. LAUZIER. 1965. Circulation on the continental shelf off eastern North America between Newfoundland and Florida. Serial Atlas of the Marine Environment — Folio 7, American Geographical Society.

CHEVRIER, J.R. ET R.W. TRITES. 1960. Drift-bottle experiments in the Quoddy Region, Bay of Fundy. J. Fish. Res. Board Can. 17 : 743–762.

CSANADY, G.T. 1976. Mean circulation in shallow seas. J. Geophys. Res. 81 : 5389-5399.

DYER, K.R. 1973. Estuaries : a physical introduction. John Wiley and Sons, Inc., Londres. 140 p.

FISCHER, H.B. 1976. Mixing and dispersion in estuaries. Annu. Rev. Fluid Mech. 8 : 107–133.

FORGERON, F.D. 1959. Temperature and salinity in the Quoddy Region. International Passamaquoddy Fisheries Board Report to the International Joint Commission. Append. I, Oceanography, chap. 1.

FORRESTER, W.D. 1959. Current measurements in Passamaquoddy Bay and the Bay of Fundy 1957 and 1958. International Passamaquoddy Fisheries Board Report to International Joint Commission. Append. I, Oceanography, chap. 3.

GARRETT, C.J.R. 1972. Tidal resonance in the Bay of Fundy and Gulf of Maine. Nature 238 : 441–443.

GARRETT, C.J.R., J.R. KEELEY ET D.A. GREENBERG. 1978. Tidal mixing versus thermal stratification in the Bay of Fundy and Gulf of Maine. Atmosphere-Ocean 16 : 403–423.

KETCHUM, B.H. ET D.J. KEEN. 1953. The exchanges of fresh and salt waters in the Bay of Fundy and in Passamaquoddy Bay. J. Fish. Res. Board Can. 10 : 97–124.

LAUZIER, L.M. 1967. Bottom residual drift on the continental shelf area of the Canadian Atlantic coast. J. Fish. Res. Board Can. 24 : 1845–1859.

LAUZIER, L.M. 1982. Climatic change in the marine subarctic. Trans. R. Soc. Can. 10 : 297–307.

LOUCKS, R.H., D.J. LAWRENCE ET D.V. INGRAHAM. 1974. Dispersion of spilled oil. *Dans* Summary of physical, biological, socio-economic and other factors relevant to potential oil spills in the Passamaquoddy region of the Bay of Fundy. Fish. Res. Board Can. Tech. Rep. 428 : 61–100.

MCLELLAN, H.J. 1951. A survey of water conditions in the Grand Manan Channel in September, 1950. Fish. Res. Board Can. MS Rep. Biol. Sta. 433 : 19 p.

MCLELLAN, H.J. 1958. Energy considerations in the Bay of Fundy system. J. Fish. Res. Board Can. 15 : 115–134.

NEU, H.J.A. ET P.E. VANDALL, JR. 1976. Review of the environmental forces for the design of the Tiner Point oil terminal. Bed. Inst. Oceanogr. Rep. Ser./BI–R–76–7 : 19 p.

PHILLIPS, O.M. 1977. The dynamics of the upper ocean. 2e éd. Cambridge University Press, Cambridge, R.-U. 336 p.

PICKARD, G.L. 1975. Descriptive physical oceanography. 2e éd. Pergamon Press, Inc., Oxford, R.-U. 214 p.

RODEWALD, M. 1972. Temperature conditions in the north and northwest Atlantic during the decade 1959–1970. Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Spec. Publ. 8 : 9–33.

SCORER, R.S. 1958. Natural aerodynamics. Pergamon Press, Inc. Londres. 312 p.

SUTCLIFFE, W.H., JR., R.H. LOUCKS ET K.F. DRINKWATER. 1976. Coastal circulation and physical oceanography of the Scotian Shelf and the Gulf of Maine. J. Fish. Res. Board Can. 33 : 98– 115.

TRITES, R.W. 1961. Probable effects of proposed Passamaquoddy Power project on oceanographic conditions. J. Fish. Res. Board Can. 18 : 163–201.

1962. Temperature and salinity in the Quoddy Region of the Bay of Fundy. J. Fish. Res. Board Can. 19 : 975–978.

TRITES, R.W. ET D.G. MACGREGOR. 1962. Flow of water in the passages of Passamaquoddy Bay measured by the electromagnetic method. J. Fish. Res. Board Can. 19 : 895–919.

TURNER, J.S. 1973. Buoyancy effects in fluids. Cambridge University Press, Cambridge, R.-U. 367 p.

CHAPITRE 4

Communautés intertidales des rivages rocheux

M.L.H. THOMAS

Université du Nouveau-Brunswick, Saint-Jean (N.-B.)

D.C. ARNOLD

Université Mount Allison, Sackville (N.-B.)

A.R.A. TAYLOR

Université du Nouveau-Brunswick, Fredericton (N.-B.)

Introduction

Les communautés intertidales des rivages rocheux sont sans doute les plus étudiées de toutes les communautés marines. On y a facilement accès, elles sont implantées sur des sols bien drainés, et leur biote est remarquable d'abondance et de diversité. D'un point de vue didactique, la facilité d'accès et la richesse des formes de vie offrent des conditions idéales pour illustrer un grand nombre de principes et de mécanismes taxonomiques, morphologiques, physiologiques et écologiques. Ces communautés sont une excellente source de spécimens animaux et végétaux de laboratoire.

Il demeure que c'est un écosystème mal connu malgré toute la recherche à caractère général qu'il suscite. Certaines adaptations spécifiques sont bien évidentes, mais il apparaît que les facteurs commandant la structure et le fonctionnement de tout le système sont complexes et, souvent, passent encore inaperçus. Peut-être est-ce pourquoi il ne se fait pas plus de recherche scientifique sur les rivages rocheux de la côte est du Canada. Il existe moins d'une demi-douzaine de rapports publiés sur la zone intertidale rocheuse de la région de Quoddy malgré la présence d'une station de recherche du gouvernement fédéral, d'un laboratoire et d'une université. La recherche s'est beaucoup intensifiée au cours des dernières années à cause, notamment, de la nécessité de constituer un fond de données scientifiques sur les effets potentiellement nuisibles d'installations productrices d'énergie qui sont proposées ou à l'étude. Parmi les projets les plus importants, mentionnons la centrale marémotrice de la baie Passamaquoddy (Anonyme, 1959), la centrale thermique de Colson Cove à Lorneville (Anonyme, 1973a), la raffinerie de pétrole d'Eastport, dans le Maine (Anonyme, 1974), la centrale nucléaire de la pointe Lepreau (Anonyme, 1976) et les différents projets d'usine marémotrice de la baie de Fundy (Anonyme, 1977a, b). Il y a malheureusement eu peu d'études publiées sur ces projets.

Dans ce semi-désert d'information, il est heureux que la zone intertidale réunisse de nombreux caractères universels (Stephenson et Stephenson, 1949, 1972; Lewis, 1964; Southward, 1966), de sorte que les études effectuées ailleurs gardent leur pertinence chez nous.

Cependant, les rives de la baie de Fundy présentent beaucoup de caractéristiques uniques. Ainsi, l'important marnage observé dans cette baie crée une zone intertidale d'étendue et d'importance inaccoutumées. Au total, la ligne de côte de la baie atteint une longueur de 2 745 km et abrite une zone intertidale de 1 052 km^2 (Thomas, 1977), proportion relativement énorme.

Thomas (1973) a calculé la longueur des divers types de côtes dans la région de Quoddy (tableau 1). Comme on le voit, le type dominant est formé de matériaux qui vont des fragments de roche au sable. Environ la moitié de ce type de côte semble constituée de rivages stables formés de gros fragments rocheux et abrite une communauté adaptée aux côtes rocheuses. Ce type et celui qui est constitué par la roche en place (35,2 % du total) font qu'environ la moitié du rivage appartient à la forme intertidale rocheuse. Il y a là matière à beaucoup d'études. À noter que le tableau donne la longueur des rivages; les résultats seraient différents si on considérait la superficie.

Le présent chapitre contient la description générale et l'analyse de cette communauté intertidale des côtes rocheuses, les méthodes d'analyse employées et la des-

TABLEAU 1. Longueur des côtes par type sur les grandes îles et la zone continentale de la partie canadienne de la région de Quoddy (d'après Thomas, 1973).

Type	Grand Manan	Campobello	Deer	Zone continentale	Total	%
Roche en place	41,2	19,2	21,6	76,0	157,9	35,2
Sédiments grossiers	29,1	31,5	16,1	169,9	246,7	55,1
Boue	1,8	9,0	5,6	24,6	41,4	9,2
Marais salés	—	1,9	—	0,2	2,1	0,5
Total	72,1	61,6	43,6	270,7	448,0	100,0

cription détaillée de différents emplacements précis. Le seul écosystème décrit sera celui des côtes bien drainées. L'écologie des cuvettes de marée, qui est notablement différente, fait l'objet d'un chapitre spécial (chap. 6).

Écosystème intertidal des côtes rocheuses

À proprement parler, la zone intertidale correspond à la zone de balancement des marées; cependant, l'écosystème des côtes rocheuses couvre une zone plus large, soit le littoral, zone directement soumise à l'effet de la mer et notamment à l'action des vagues et de l'éclaboussement. Nous le verrons plus loin, les communautés des rivages marins se prolongent régulièrement au-delà de la zone intertidale vraie pour se fixer dans les parties supérieures de la côte. L'infinie variabilité des marées interdit d'établir une distinction nette entre la zone intertidale et la zone littorale. Aussi donnerons-nous les deux termes comme synonymes.

La zone intertidale bien drainée des côtes rocheuses est caractérisée par un fait écologique omniprésent : l'étagement vertical des membres composant sa communauté, qui est un trait universel des zones intertidales; c'est-à-dire que certains genres ou groupes d'organismes semblables tendent à occuper des positions semblables partout dans le monde. Ainsi, les gastropodes intertidaux du groupe des bigorneaux se retrouvent avec les lichens au haut du rivage alors que, plus bas, ils sont supplantés par les balanes, et le fucus et autres algues. Il est vérifié le plus souvent que la diversité, mesurée simplement par le nombre des espèces présentes, diminue à mesure que l'on avance vers le haut jusqu'au niveau de la pleine mer moyenne, et se remet alors à augmenter à l'endroit où les plantes vasculaires maritimes apparaissent.

La zone intertidale ou littorale est située sur le plan de rencontre des systèmes terrestres et marins, et cela se réfléchit dans la composition mixte de la communauté qu'elle abrite. C'est pourquoi il y a là pareille diversité d'espèces et aussi que l'abondance des organismes et la biomasse y sont considérables. Les conditions de vie, tout à fait exceptionnelles pour une zone aussi rude, dépendent d'autres facteurs comme l'arrosage périodique par la mer, l'abondance de lumière (bien que cela puisse nuire à certaines espèces) et un bon approvisionnement terrestre et marin en substances nutritives. Ces dernières sont apportées par le ruissellement terrestre et par le brassement des sédiments côtiers sous l'action des vagues. La configuration normalement très hétérogène du rivage favorise l'importante diversité observée. C'est ainsi qu'il s'est créé un très grand nombre de microhabitats dans les crevasses, les surplombs, les zones d'ombre, etc. En beaucoup d'endroits des côtes, de considérables réserves d'eau de mer se constituent dans les crevasses, les substrats poreux et autres. Ces réserves qui se vident lentement à marée basse, ralentissent le dessèchement dû au reflux.

Ce luxuriant système subit le choc des fortes variations des conditions physiques.

Le milieu : les marées

La principale variable physique qui agit sur les côtes est la marée; on s'entend généralement pour reconnaître, sur la foi d'excellentes indications, que la marée est le facteur exerçant le plus d'influence sur l'étagement (Lewis, 1964; Stephenson et Stephenson, 1972; Southward, 1966; Carefoot, 1977; Yonge, 1949). On s'entend aussi pour dire que la marée n'est pas la cause directe de la plupart des phénomènes d'étagement intertidal, la principale preuve en étant que les étages sont très souvent répartis de façon différente sous un régime de marée constant.

La marée est provoquée par l'attraction conjuguée des astres sur les mers, elle-même modulée par la période naturelle d'oscillation des océans, mers et baies. La lune est le principal agent, le soleil vient en deuxième et les planètes exercent une attraction nettement moindre.

La position relative de la terre et de la lune par rapport au soleil à différents moments de l'année induit un cycle de marées basé sur le mois lunaire (28 jours). La séquence normale est établie comme suit : la marée de vive eau (à fort marnage) a lieu tous les 14 jours et la marée de morte eau (à faible marnage) se produit en alternance. Bref, chaque mois lunaire couvre deux marées de vive eau et deux marées de morte eau. Les marées de vive eau ont lieu quand l'attraction du soleil s'ajoute à l'attraction de la lune et les marées de morte eau quand les deux forces d'attraction s'exercent à 90° l'une de l'autre. Le soleil et la lune étant rarement en position d'effet maximum, le marnage des marées de vive eau varie de mois en mois et d'année en année. Lorsque les conditions idéales sont réunies, ce qui est rare, l'amplitude des marées peut être exceptionnelle.

Chaque jour, les pleines mers se produisent à 12,5 h d'intervalle environ; par conséquent, la basse mer a lieu environ 6 h 15 min après chaque pleine mer.

Puisque la grandeur des forces causant les marées varie en relation directe avec les déplacements parfaitement prévisibles des astres, l'heure et la hauteur des marées peuvent être prédites avec une grande précision. Dans le cas de la baie de Fundy, les prévisions des marées sont publiées tous les ans dans les *Tables des marées et courants du Canada, vol. 1, Côte de l'Atlantique et baie de Fundy* (Anonyme, 1979a).

Dans la baie de Fundy, les marées ont une ampleur exceptionnelle du fait que la période naturelle d'oscillation de la baie correspond à peu près à celle des marées. Il en résulte que, dans la baie, l'onde de marée prend la forme d'une onde stationnaire d'amplitude croissante à mesure qu'elle progresse vers le fond de la baie pour donner la plus haute marée du monde dans le bassin Minas. Le marnage de l'ensemble de la baie de Fundy apparaît à la figure 1 et celui, plus détaillé, de la région de Quoddy, à la figure 2.

Les aspects de l'emploi d'une table des marées et de l'interprétation du niveau des marées sont expliqués plus loin dans la section des méthodes.

Le niveau de l'eau est influencé par des conditions météorologiques telles les vents forts ou soutenus, les changements barométriques subits ou les longues périodes de haute ou de basse pression. La hauteur et l'heure des marées peuvent être modifiées par ces facteurs, mais les changements paraissent minimes lorsque le marnage est important comme c'est le cas dans la baie de Fundy.

Le balancement des marées ne se produit pas à un

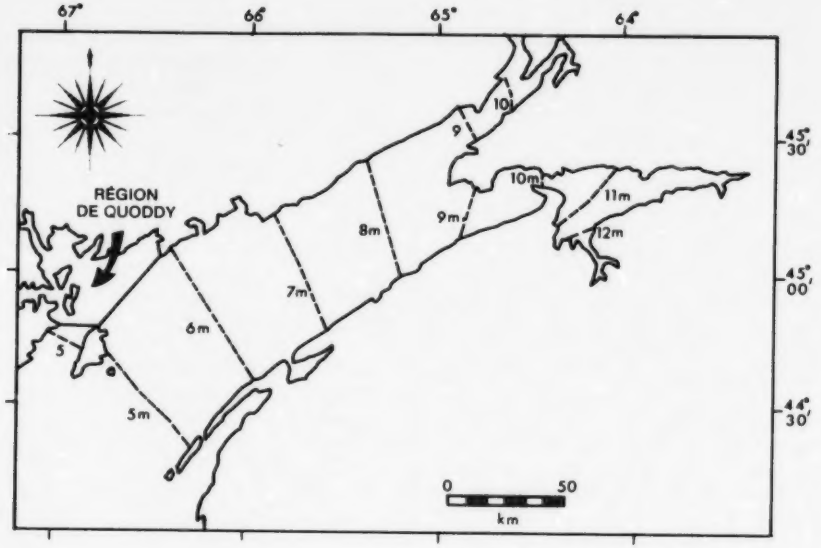


FIG. 1. Marnage moyen dans la baie de Fundy.

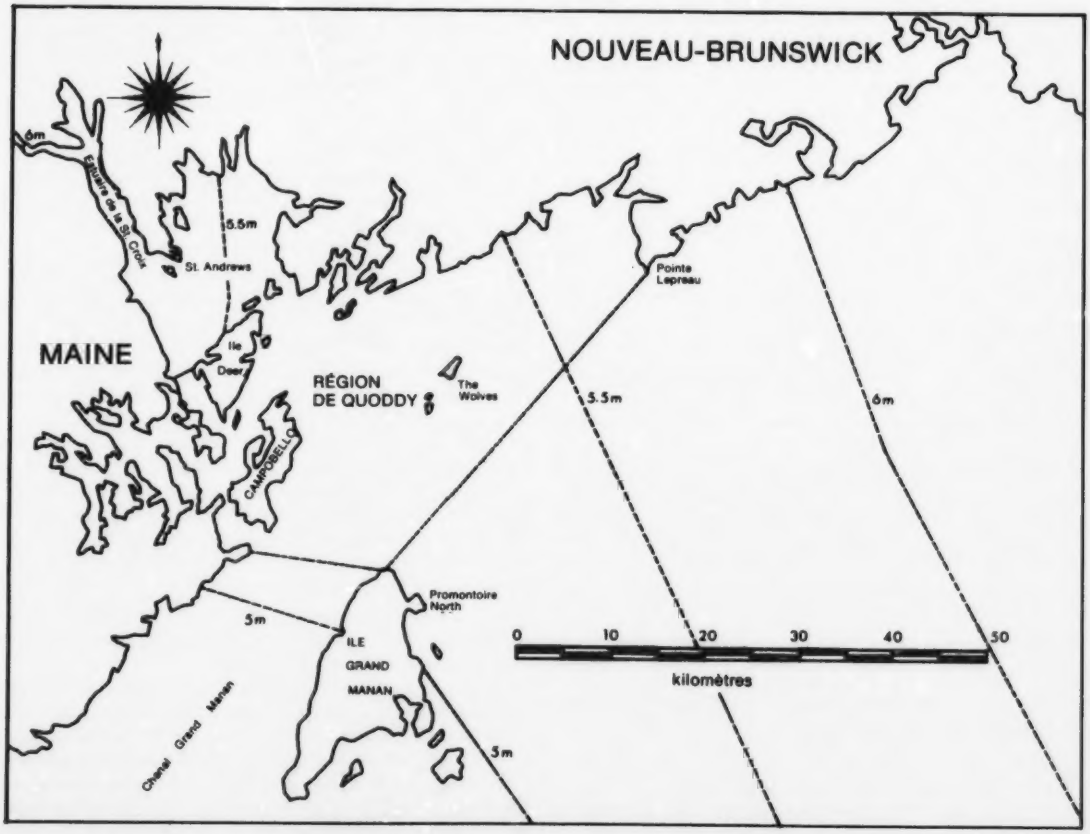


FIG. 2. Marnage moyen dans la région de Quoddy (Nouveau-Brunswick).

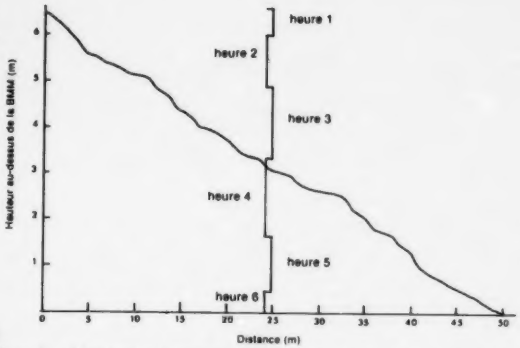


FIG. 3. Hauteur et distance franchies par la marée au cours de chaque heure de montée ou de descente d'une marée de 6 heures sur une coupe transversale typique de la région sud-ouest du Nouveau-Brunswick. BMM = basse mer moyenne.

rythme constant, mais suit une courbe harmonique. Le taux de variation du niveau passe par un maximum au niveau moyen de la marée et est égal à zéro à la pleine mer comme à la basse mer. Les calculs effectués sur cette base permettent de prévoir le niveau de l'eau à n'importe quelle phase de la marée. La figure 3 donne la hauteur et la distance franchies par la marée pour chaque heure de marée montante ou de marée descendante sur une côte représentative de la région de Quoddy. Le tableau 2 indique quel pourcentage du marnage est franchi durant chaque heure d'une marée typique.

L'allure de la courbe de la marée a des conséquences sur l'action des vagues et sur le mouvement des eaux à différents niveaux, ce que nous allons étudier plus loin.

Le balancement des marées a pour principal effet de créer un gradient d'exposition aux conditions atmosphériques entre le niveau extrême de basse mer et le niveau extrême de pleine mer, à peu près.

LE MILIEU : FACTEURS CRÉÉS PAR LES MARÉES

La submersion et l'émersion répétées de la zone littorale impriment nécessairement un gradient aux autres paramètres qui agissent sur les organismes résidants.

Le potentiel de dessèchement s'accroît avec la hauteur sur la côte, mais il est profondément modifié par d'autres facteurs, notamment la température et le vent. Il reste que les organismes marins qui se trouvent au-dessus de la pleine mer de morte eau sont exposés à l'air pendant plusieurs jours et ceux qui sont fixés à la hauteur extrême de la pleine mer de vive eau peuvent l'être pendant des mois.

La fourchette des températures s'accroît en fonction de la hauteur sur la côte. Les organismes situés juste à l'intérieur de la zone infratidale de la baie de Fundy sont exposés à des températures variant de 2 à 20°C selon le lieu. Ceux qui sont sur le rivage sont exposé à des températures de l'air variant entre +30 et −30°C, et parfois même plus extrêmes. L'effet du froid est parfois accentué par le facteur de refroidissement du vent tandis que l'effet des hautes températures est parfois compensé par le même effet. Au début de l'été, certains organismes chauffés à 30°C par le soleil subissent un brusque refroidissement quand l'eau de mer à 5°C vient les balayer (Carefoot, 1977).

La salinité est assez constante tout le long de la côte, exception faite de la partie supérieure des estuaires; ainsi, le biote infratidal vit dans une eau dont la salinité se situe entre 27 et 30 ‰ tandis que les organismes intertidaux sont exposés à de l'eau peu salée quand il pleut ou qu'il y a du brouillard, ou du fait du ruissellement sur la côte. La salinité peut tomber à zéro n'importe où dans la zone littorale quand il pleut abondamment, mais la durée potentielle d'exposition à une eau peu salée augmente avec la hauteur sur le rivage.

La quatrième variable importante associée au balancement des marées est la quantité et la qualité de la lumière qui atteint la communauté intertidale. C'est une variable dont l'effet se fait particulièrement sentir dans la baie de Fundy où le marnage est important et où les vifs courants de marée peuvent maintenir une forte turbidité en soulevant une grande quantité de sédiments. Il se peut qu'une communauté intertidale située bas sur la côte se retrouve à marée haute au-dessous de la zone euphotique.

Ce sont là les principaux facteurs créés par les marées; bien sûr, il en existe d'autres dont l'effet est mineur.

TABLEAU 2. Pourcentage du marnage d'une marée de 6 heures franchi au cours de chaque heure (PM = pleine mer).

Période	% du marnage
1 h autour de la PM	4,0
Heure suivante	13,0
Heure suivante	21,0
Heure suivante	28,0
Heure suivante	21,0
Heure suivante	13,0
Heure suivante	4,0

LE MILIEU : AGENTS MODIFIANT L'ACTION DES MARÉES

L'action des vagues constitue le principal facteur modifiant l'action directe du balancement des marées; on l'appelle souvent « mode ». Les vagues agissent de plusieurs façons. En premier lieu, elles élargissent la zone soumise à l'immersion et, à l'inverse, celle soumise à émersion. En haut du rivage, les vagues transportent l'eau au-delà de la limite des marées tandis qu'au bas, elles exposent épisodiquement à l'air les organismes infratidaux. Deuxièmement, elles repoussent la limite supérieure de la zone d'influence marine quand des embruns produits par les brisants sont transportés plus haut sur la côte, élargissant davantage la zone littorale. Sur les côtes exposées, les vagues et les embruns vont parfois doubler la dimension verticale des zones littorales. Troisièmement, les vagues transforment la côte de façon mécanique. Les brisants qui se jettent sur les rivages rocheux exposés exercent une force atteignant parfois 274 kg/m^2 (Thomas, 1976). Les roches sont érodées et les organismes mal fixés sont arrachés. Ce mode « battu » nuit à la stabilité du milieu et appauvrit la composition spécifique des communautés.

Le brouillard est un autre agent modificateur d'importance locale qui maintient une forte humidité dans l'air sans qu'il y ait de précipitations et donc sans dilution de l'eau de mer. Le brouillard compense le dessèchement que produit l'exposition à l'air.

Les vents modifient l'action des marées de multiples façons. Ainsi, par temps sec, ils augmentent le dessèchement; par ailleurs, et quel que soit le temps, les vents du large apportent des embruns sur la côte.

Beaucoup de chercheurs ont montré que les effets de la marée sont fortement modifiés par la pente de la côte. Les deux cas extrêmes, la pente douce et la falaise, ont une action très différente sur les vents et les vagues. De façon générale, la pente douce favorise l'étalement du jet de rive et donne lieu à de vastes secteurs soumis à l'influence des embruns alors que la falaise provoque la réflexion des vagues et limite la zone soumise aux embruns. Les côtes en pente douce sont drainées plus lentement que les autres, ce qui ralentit le dessèchement dû au soleil et au vent.

Enfin, la nature de la roche modifie l'action des marées. La roche poreuse peut retenir l'eau et réduire le dessèchement ou, à l'inverse, l'augmenter en causant chez un organisme des pertes d'eau par capillarité. La roche friable est vite usée par les vagues et les organismes en sont plus facilement arrachés, encore que certains forent un abri dans la roche. La roche dure et inaltérable sèche rapidement, mais elle constitue un substrat plus solide que l'autre à moins que sa surface trop lisse ne permette pas une bonne fixation.

L'énorme influence des marées suscite d'autres variables écologiques, et l'effet propre des marées, de même que celui de paramètres connexes, peut à son tour être fortement modifié par d'autres agents physiques. Il ne faut pas se surprendre de la complexité des rapports qu'entretiennent l'étagement et les marées. Et, nous le verrons plus loin, les effets exercés par les nombreuses variables physiques de ce milieu sont encore modifiés par différents facteurs biologiques.

Aspects généraux de l'étagement biotique

T.A. Stephenson et A. Stephenson (1949, 1972), qui ont consacré 30 ans de leur vie à étudier l'étagement littoral dans le monde entier, ont le mieux décrit ses divers aspects. Ils ont trouvé que, sans rapport constant avec les marées, l'étagement comportait certaines caractéristiques biologiques très générales qu'ils ont groupées sous le nom de « schéma universel de l'étagement », étiquette qu'ils ont changée par la suite sous une pluie de critiques pour « schéma général de l'étagement ». Le schéma n'est pas absolument universel, mais il offre un vaste domaine d'application, notamment la baie de Fundy, dont les Stephenson ont d'ailleurs étudié plusieurs sites (1954a, 1954b). La nomenclature a été légèrement modifiée par Lewis dans sa monographie de 1964. La figure 4 donne les deux schémas, mais c'est celui des Stephenson qui est le plus usité. Les deux ont un étage inférieur qui se trouve au-dessous de la zone d'influence des marées, mais qui a certains traits en commun avec la zone intertidale; ni ces chercheurs, ni d'autres n'en ont défini la limite inférieure. Cette zone est étudiée en détail au chapitre 8. La limite de cet étage infralittoral (au sens de Stephenson et Stephenson, 1972), ou encore étage sublittoral, coïncide plus ou moins avec la limite inférieure de la zone euphotique, dont la profondeur est vite établie; nous proposons d'adopter celle-ci comme limite. Au-delà se poursuit le plateau continental (Hedgpeth, 1966).

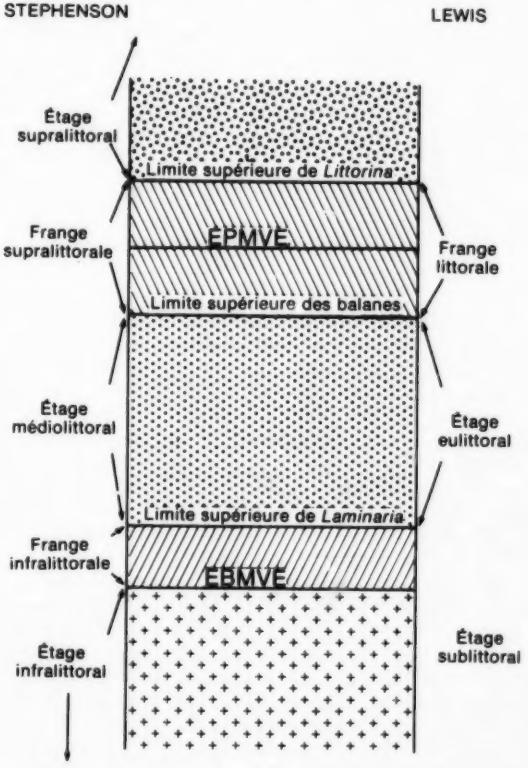


Fig. 4. Schéma de l'étagement intertidal (d'après Lewis, 1964). EPMVE = niveau extrême de pleine mer des marées de vive eau; EBMVE = niveau extrême de basse mer des marées de vive eau.

Le schéma « universel » est organisé de la façon suivante : trois grands niveaux définis en termes biologiques et un niveau tidal, divisant le rivage en cinq grandes bandes horizontales. Le niveau le plus élevé est marqué par la limite supérieure des bigorneaux (p. ex. *Littorina* sp.) au-delà de laquelle s'étend l'étage supralittoral; au-dessous de la limite supérieure des bigorneaux, la frange supralittorale va jusqu'à la limite supérieure des balanes. Au-dessous s'étale la zone principale, l'étage médiolittoral qui est généralement très large et se prolonge jusqu'à la limite supérieure du varech (p. ex., *Laminaria* sp.). La frange infralittorale se prolonge de ce point jusqu'aux plus basses eaux des marées de vive eau, niveau au-dessous duquel commence l'étage infralittoral (étage sublittoral).

Les grandes caractéristiques des étages dans la baie de Fundy

La description suivante respecte l'étagement défini par les Stephenson (1949), et elle est tirée des données que ces deux chercheurs ont publiées (1954a, b) et des données de Thomas (1975, 1976), complétées d'autres informations recueillies lors de la préparation du présent ouvrage.

Étage supralittoral — Le biote de l'étage supralittoral est caractéristique de l'origine terrestre. Un certain nombre de lichens gris et jaunes, notamment *Xanthoria parietina* qui est d'une couleur jaune orangé très vive, constituent les organismes les plus communs sur la roche nue. Plusieurs plantes vasculaires prennent racine dans les enclaves de sédiments; celles qui sont le plus souvent observées sont *Plantago maritima* (le perce-pierre), *Empetrum nigrum* (la camarine noire) et *Deschampsia flexuosa* (la Deschampsie flexueuse). Les lichens *Xanthoria parietina* et *Caloplaca elegans* tracent une nette bande orangée dans la partie inférieure de l'étage supralittoral de beaucoup d'îles dans la région de Quoddy.

Frange supralittorale — La frange supralittorale est un étage qui va de la limite supérieure de *Littorina* jusqu'à la limite supérieure des balanes (fig. 4). On l'appelle souvent « zone noire » et, dans de nombreux secteurs de la région de Quoddy, à Letete, par exemple, on observe nettement une teinte noire produite par une communauté de lichens tels que *Lichina* sp. et *Verrucaria* sp. et d'algues bleues comme *Callothrix* sp., *Phormidium* sp., *Gleocapsa* sp. et *Nodularia* sp.

Le bigorneau brun (*Littorina saxatilis*) est l'animal caractéristique de cet étage tout au long de la côte nord-atlantique (bien que cette population puisse résulter de l'agrégation de quatre espèces différentes). Ce petit gastropode est souvent extrêmement abondant et vit sans presque aucune faune marine associée. Bien qu'il soit l'organisme dominant de l'étage, il occupe souvent le bas du rivage au moins jusqu'au niveau moyen de la marée. Dans cet étage, les plantes prédominantes sont couramment *Verrucaria* sp., ou *Callothrix* sp., qui sont broutées par *L. saxatilis*. Dans la partie supérieure, les membres de *Xanthoria parietina* situés le plus bas sont souvent bien apparents et, à la bordure inférieure, le lichen encroûtant noir et lisse *Verrucaria maura* forme normalement des taches d'apparence huileuse. Sur les surfaces rocheuses humides et poreuses, les algues bleues prédominent habituellement sur les lichens et forment parfois un tapis microfloral ininterrompu.

Juste à la base de cet étage dans la région de Quoddy, existe presque partout une étroite ceinture constituée d'une algue brune fucoïde, *Fucus spiralis*. C'est une algue qui n'atteint généralement pas 10 cm, n'a pas de vésicules et présente une teinte jaunâtre. Cependant, elle est difficile à distinguer de *Fucus vesiculosus forma linearis*, sinon par sa fructification. On reconnaît les sujets à maturité par une frange irrégulière entourant les vésicules et par les réceptacles bisexués.

Étage médiolittoral — L'étage médiolittoral est un étage large, le plus souvent apparent, qui commence à la limite supérieure des populations de balanes communes (*Balanus balanoides*). Sur la côte atlantique du Canada, il est dominé par les balanes (*B. balanoides*), par la moule bleue (*Mytilus edulis*), par l'ascophylle noueuse (*Ascophyllum nodosum*) ou par le fucus vésiculeux (*Fucus vesiculosus*). En gros, les moules prédominent dans les endroits où l'hydrodynamisme est le plus fort et où la pente est raide, les balanes prédominent dans les endroits aux conditions moyennes et les algues fucoïdes dans les endroits abrités et sur les pentes douces. Dans la baie de Fundy, cependant, les algues fucoïdes, notamment *A. nodosum*, prédominent quel que soit le mode des vagues. C'est à l'occasion seulement, sur des pentes raides ou des falaises, que se dessine nettement la limite de la zone de fixation des populations de balanes, dont la couleur blanche est caractéristique. D'habitude, dans la baie de Fundy, cet étage présente la teinte uniforme brun olive que lui donne la couverture algale ininterrompue.

Par définition, le sommet de l'étage est formé par la limite supérieure des balanes. Dans l'est du Canada, il s'agit toujours de *B. balanoides* sur les côtes exposées, mais parfois de *B. improvisus* dans les estuaires. Il y a d'habitude assez de balanes pour que l'étage se distingue nettement, mais dans le cas contraire, le haut des populations de *F. vesiculosus* se trouve presque toujours à quelques centimètres de sa limite. Quand elles sont présentes, les moules bleues (*M. edulis*) sont de petite taille et habituellement fixées beaucoup plus bas dans l'étage.

Dans la région de Quoddy, *F. vesiculosus* prédomine parfois dans la partie supérieure de l'étage médiolittoral (Thomas, 1975), mais il est toujours vite remplacé par l'ascophylle noueuse (*A. nodosum*) qui forme normalement 90 % de la biomasse. Il existe plusieurs animaux, normalement abondants, bien caractéristiques de cet étage : le bigorneau jaune (*Littorina obtusata*) se retrouve partout dans l'étage et toujours sur les algues fucoïdes; le bigorneau comestible (*Littorina littorea*) n'occupe pas toujours la même position; fréquemment abondant, il apparaît normalement en grand nombre dans les parties inférieures de l'étage. L'acmée (*Acmaea testudinalis*) et le pourpre de l'Atlantique (*Thais lapillus*) se retrouvent habituellement au-dessous du niveau moyen de la marée, et ils sont d'abondance très variable. Il y a peu de *T. lapillus* sur les rivages balayés par les vagues. On trouve presque toujours des hydraires *Sertularia pumila* et des bryozoaires *Flustrellidra hispida* sur les stipes des fucoïdes. Les microcrevasses en surface des roches sont habituellement couvertes par le petit polychète tubicole *Potamilla neglecta*. Omniprésent dans l'étage, l'abondant et très actif amphipode *Gammarus oceanicus* est le plus souvent l'herbivore-omnivore dominant. En cas de grande sécheresse, il ne se retrouve que dans les microhabitats humides, mais il est très répandu quand il y a du brouillard ou quand règne une très grande humidité.

Les algues de mer autres que les fucoïdes dominantes sont communes et côtoient plusieurs espèces de lichens. Le lichen noir encroûtant *V. maura* prolonge son aire bien en bas de la frange supralittorale, mais il est graduellement délogé par le lichen vert *V. mucosa* qui colonise tout l'étage. *Polysiphonia lanosa*, algue rouge épiphyte de l'algue fucoïde *A. nodosum*, remonte presque aussi haut dans l'étage que son hôte, et plus haut que n'importe quelle autre algue rouge, exception faite de la mince *Hildenbrandia prototypus* rouge et encroûtante qui paraît

presque noire quand elle est sèche. D'autres algues rouges telles *Chondrus crispus* et *Gigartina stellata* sont souvent communes dans la partie inférieure de l'étage, et la deuxième forme souvent d'épais tapis dans les 5 % les plus bas. Les deux espèces, mais particulièrement *C. crispus*, varient beaucoup en coloration : elles peuvent être d'un rouge très foncé comme d'un rouge très clair. Deux autres algues rouges, *Porphyra umbilicalis* et *Palmaria palmata* (le rhodyménie palmé) sont plus clairsemées, mais se font plus abondantes vers la mer. Les algues vertes du genre *Enteromorpha* sont souvent communes, particulièrement quand il y a suintement d'eau douce, et les laitues de mer plates et vertes *Ulva* sp. et *Monostroma* sp. sont fréquentes.

Frange infralittorale — Dans la figure 4, le niveau le plus haut de la frange infralittorale correspond à la limite supérieure de *Laminaria*. C'est un critère rarement satisfaisant dans la région de Quoddy car *Laminaria* sp. est rarement abondante. Il arrive qu'une autre laminaire, *Alaria esculenta*, soit particulièrement abondante devant les caps exposés et à d'autres endroits où l'eau est agitée quand la plante n'est pas exposée à une sécheresse trop intense. Les autres grosses algues brunes, qu'on pourrait trouver normalement ailleurs, sont assez rares; la raison en serait qu'abonde l'oursin commun (*Strongylocentrotus droebachiensis*), brouteur vorace. L'étage est plutôt caractérisé par différentes algues rouges et vertes et il est le mieux identifié comme étant la partie du rivage située endessous du niveau le plus bas d'*A. nodosum*.

Gigartina stellata est souvent l'algue rouge la plus abondante; elle commence sous la couverture d'*A. nodosum* et se prolonge vers la mer en une bande plus ou moins continue sur les rivages exposés de la région de Quoddy ou en plaques dans les autres régions. Le rhodyménie palmé *Palmaria palmata* et son parent de forme tubulaire *Halosaccion ramentaceum*, la mousse d'Irlande *Chondrus crispus* et *Cystoclonium purpureum* sont les plus importantes des algues rouges non calcaires. Elles sont parfois accompagnées de l'algue corallienne encroûtante de couleur rose *Phymatolithon lenormandii* et de l'algue rose ramifiée *Corallina officinalis*, réunies en grandes plaques. Les plus fréquentes parmi les algues vertes sont *Spongomorpha arcta, Enteromorpha* sp., les laitues de mer *Ulva lactuca* et *Monostroma grevillei*, ainsi que *M. pulchrum*. Les algues brunes les plus fréquentes sont *Scytosiphon lomentaria, Petalonia fascia, Fucus edentatus* et *Alaria esculenta. Fucus evanescens* et *Laminaria* sp. sont aussi fréquents. La faune est très variée dans cet étage, mais les échinodermes sont les animaux les plus caractéristiques. Avec l'oursin commun, l'étoile de mer *Asterias vulgaris* est aussi fréquente qu'*Asterias forbesi* et *Leptasterias littoralis*. Le buccin commun *Buccinum undatum* est très caractéristique de l'étage.

Étage infralittoral — En dessous du niveau extrême de basse mer des marées de vive eau, la faune et la flore s'enrichissent en espèces. Les caractéristiques de cette communauté sont décrites au chapitre 8.

Variation des particularités de l'étagement dans la région de Quoddy

Beaucoup de facteurs font varier la position des limites séparant les étages, parfois de façon spectaculaire. Par exemple, un changement de pente ou de configuration peut déplacer les étages et modifier les échelles de dominance. Les causes et les effets gravitant autour de ces différences forment un noeud de variables qui échappe à toute analyse simple. Cependant, la séquence des variations observées sur une série de rivages de nature et d'aspect semblables, mais de mode de plus en plus battu, a été étudiée à fond et, par conséquent, elle est normalement assez bien prévisible. Mais cela ne tient plus dans le cas de la baie de Fundy et en particulier dans celui de la région de Quoddy. Les figures 5 et 6 donnent la configuration normale que l'on trouve ailleurs. Les niveaux extrêmes de pleine mer et de basse mer des marées de vive eau ne correspondent pas aussi précisément à certains étages que ne semble l'indiquer la figure 4. La figure 5 montre que la position de ces niveaux de marée par rapport à l'étagement biotique varie selon le mode des vagues. La limite supérieure de l'étage médiolittoral peut se situer n'importe où entre le niveau moyen des marées et plus de deux fois la hauteur de la marée de vive eau. Aux endroits où le mode est très battu, la dimension verticale de la zone littorale dépasse de 4 fois au moins le marnage moyen. On n'observe pas de ces cas extrêmes dans la région de Quoddy. La figure 6 montre les transformations structurelles des communautés sur une série de rivages rocheux d'Écosse. La communauté étudiée là-bas par Ballantine (1961) s'apparente à celle de la région de Quoddy, si ce n'est que la balane *Chthamalus stellatus* et les algues marines *Himanthalia* et *Pelvetia* n'apparaissent pas sur nos côtes. Sur les côtes canadiennes très exposées aux vagues de l'Atlantique, le secteur dominé par *Chthamalus* serait occupé par une communauté de moules bleues. À noter sur la figure 6 que la hauteur relative des limites attribuées aux étages est gardée constante afin de faciliter la comparaison. En réalité, l'étage médiolittoral gagne en étendue en fonction de l'exposition.

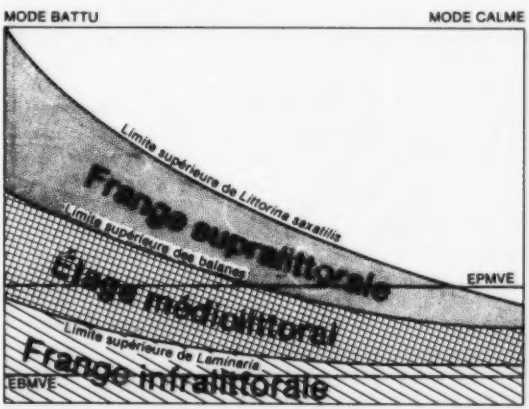


FIG. 5. Effet du mode sur l'étagement intertidal. EPMVE = niveau extrême de pleine mer des marées de vive eau; EBMVE = niveau extrême de basse mer des marées de vive eau.

Par ailleurs, beaucoup d'auteurs ont montré que l'augmentation de l'exposition aux vagues est normalement accompagnée d'une augmentation du nombre des

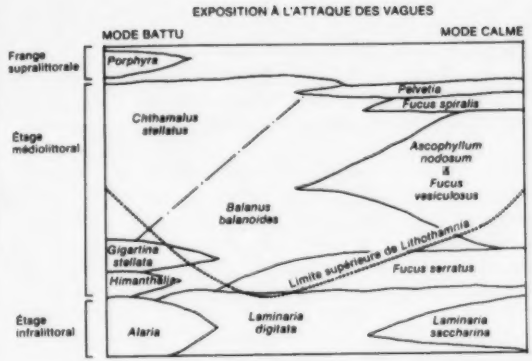


FIG. 6. Distribution des algues et des balanes intertidales en fonction du mode à Pembrokeshire, Écosse (d'après Ballantine, 1961).

balanes, d'un appauvrissement de la diversité des espèces et d'une diminution de la biomasse des algues fucoïdes.

Thomas (1975) a fait remarquer que, dans la région de Quoddy, les limites des étages ne sont pas repoussées vers le haut du rivage avec l'augmentation de l'exposition. Shaw et Thomas (données non publiées) et Thomas (1976) ont approfondi la question. Ils ont confirmé que les organismes choisis par les Stephenson (1949) comme indicateurs de la limite des étages ne réagissent pas à l'augmentation de l'exposition aux vagues en colonisant la partie supérieure du rivage, mais gardent plutôt une position constante le long d'un gradient correspondant à l'augmentation de l'exposition aux vagues. Il semble que cette observation vaille pour la plupart des espèces occupant l'étage médiolittoral de la région de Quoddy. Ainsi, *Balanus balanoides*, *Ascophyllum nodosum* et *Fucus vesiculosus* ont une limite supérieure et une limite inférieure virtuellement constantes le long de ce gradient. Les organismes de la frange et de l'étage supralittoraux, cependant, suivent le gradient. À Letete (rivage exposé), par exemple, l'aire de *Littorina saxatilis* se prolonge sur plus de un mètre au-delà du niveau atteint à Holey Point (rivage abrité), et le tapis noir d'algues microscopiques de l'étage supralittoral à Letete excède de plus de 1,5 m le niveau atteint à Holey Point. On pense que le fort marnage de la baie de Fundy atténue l'action des vagues dans l'étage médiolittoral car les rapides variations de niveau réduisent le temps d'action des vagues, qui sont le plus efficaces, dans ce cas, à la pleine mer et à la basse mer. Cette hypothèse se trouve confirmée par les observations de Thomas (1975) qui a démontré l'appauvrissement spécifique au niveau de la basse mer moyenne. L'extension des étages dans la zone supralittorale est surtout le produit des embruns, et elle est indépendante du marnage. Bref, dans la région de Quoddy, l'exposition aux vagues a moins d'importance qu'ailleurs.

L'étagement typique de la région de Quoddy apparaît à la figure 7. Nous avons préféré indiquer les étages dominés par les principales espèces ou communautés intertidales plutôt que de marquer la limite inférieure et la limite supérieure des espèces en question. Nous évitons ainsi les recoupages qui nuisent à la clarté de l'illustration. En fait, les espèces ou bien les communautés nommées sont dominantes dans le secteur compris entre leur limite supérieure et la limite supérieure du secteur immédiatement en-dessous. *Ascophyllum nodosum* constitue la

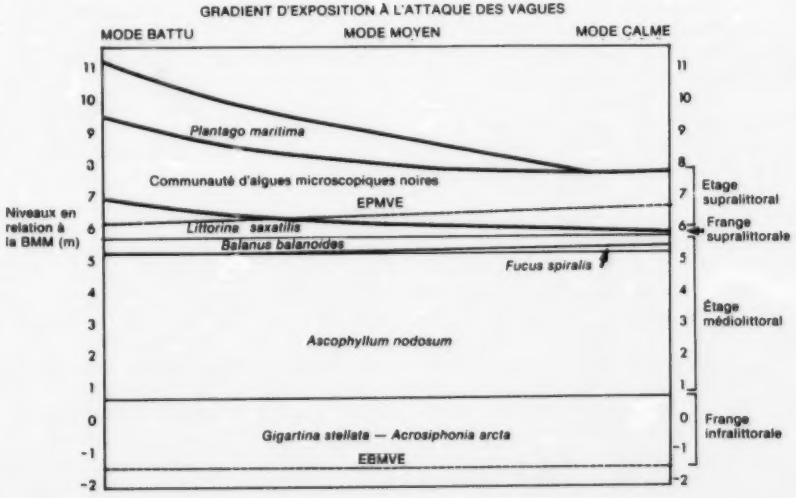


FIG. 7. Étagement des organismes prédominant dans la région de Quoddy par rapport au niveau tidal et au mode. EPMVE = niveau extrême de pleine mer des marées de vive eau; EBMVE = niveau extrême de basse mer des marées de vive eau; BMM = basse mer moyenne.

seule exception puisqu'il domine partout à l'intérieur de son aire. Les espèces typiques de la frange infralittorale, par exemple *Spongomorpha arcta*, ont une limite supérieure qui se déplace vers le haut à mesure que l'exposition à l'action des vagues augmente, bien que cela ne soit pas apparent sur la figure 7. En réalité, ces prolongements sont masqués par la luxuriante prolifération des algues fucoïdes médiolittorales dominantes, *A. nodosum* et *F. vesiculosus*.

La figure 7 révèle une autre particularité de l'étagement dans la baie de Fundy : la frange supralittorale, qui constitue habituellement une bande assez large (fig. 5 et 6), ne prend jamais beaucoup d'extension et, dans les endroits abrités, elle est très étroite. On voit aussi que la zone dominée par *Fucus spiralis* s'étend un peu au-delà de la limite supérieure d'*Ascophyllum nodosum* dans les endroits abrités.

Il faut bien noter qu'un ou quelques transects ne suffisent pas toujours à montrer ces différences puisque les variations ponctuelles de la texture des roches, de l'ombrage, de la pente et des biotes ont de profondes répercussions sur l'étagement.

Étagement et niveaux tidaux critiques

Pour parvenir à expliquer les très complexes et inégales formes de l'étagement intertidal, certains chercheurs ont concentré leurs efforts sur ce qui a été nommé les niveaux tidaux critiques (Perkins, 1974). Leur existence a été postulée par Doty (1946), qui avait constaté que les variations du marnage au cours du cycle des marées de vive eau et de morte eau, menaient, à certains niveaux, à une augmentation ou à une diminution de la durée d'émersion et d'immersion continue. Il les appella « niveaux tidaux critiques » et parvint à établir une corrélation entre ceux-ci et la répartition stratifiée d'un grand nombre d'algues sur la côte ouest de l'Amérique du Nord. Cette hypothèse n'a pas toutefois encore reçu de confirmation expérimentale concluante (Doty et Archer, 1950). Ces niveaux existent peut-être brièvement et sont sans doute particulièrement apparents dans les régions à marées diurnes de la côte du Pacifique, mais, à long terme, ils ont l'inconvénient de se déplacer de haut en bas du rivage en fonction des variations constantes et assez importantes des marées. Nul doute qu'ils se déplacent pendant la période de vie d'un organisme intertidal moyen.

Hewatt (1937) a étudié un autre ensemble de niveaux tidaux critiques en rapport avec la vitesse variable de progression et de régression des marées entre la pleine mer et la basse mer. Ce chercheur a suggéré que la vitesse caractéristique du flot autour du niveau moyen de la marée, conjuguée au fait que c'est dans cette zone que le balancement se fait le plus sentir, y provoquait l'apparition d'un niveau critique. Il constata dans la baie de Monterey, Californie, que ce niveau marquait la limite supérieure de deux espèces algales communes. Encore une fois, ce niveau ne resterait sûrement pas constant à long terme. En voulant expliquer la distribution des algues intertidales en Grande-Bretagne, Elmhirst (1934) a considéré que le biote subirait le choc d'abruptes variations de température, de salinité, etc. le plus durement là où la marée monte et baisse le plus rapidement, soit à peu près au niveau moyen de la marée. Il n'a pas tenu compte de la profonde influence que les vagues ou les embruns pouvaient avoir.

D'autres auteurs (Druehl, 1967; Carefoot, 1977) font remarquer qu'il peut se former des niveaux critiques dans les estuaires et les détroits du fait de la présence de nappes superficielles d'eau douce ou peu salée.

Il ne fait pas de doute que le régime des marées crée parfois sur le rivage, pour de courtes périodes, de très étroites bandes où le milieu se transforme rapidement, mais il ne fait pas de doute, non plus, qu'à long terme, d'autres facteurs comme les variations de marée et l'attaque des vagues et des embruns élargissent et pondèrent ces niveaux « critiques ». Il n'existe pas d'étude à long terme sur la réaction des organismes aux déplacements des niveaux critiques, et nous devons donc supposer que, de façon concrète, ce sont des facteurs qui se fondent dans un milieu à multiples variables.

Nous l'avons vu plus tôt avec les agents qui causent les particularités de l'étagement dans la baie de Fundy, le marnage très étendu de la baie peut créer deux grandes zones critiques autour des niveaux de pleine mer et de basse mer, c'est-à-dire aux points où les effets de l'exposition aux vagues se manifestent d'une manière normale, tandis que, dans l'étage médiolittoral, cet effet est supprimé.

Facteurs-clés de l'étagement biotique des côtes rocheuses

Nous avons dit que la zone intertidale est un milieu de grands extrêmes, que les organismes des côtes s'adaptent à une trame complexe de variables et que cette adaptation se traduit en partie par les variations de l'étagement. Nous avons dit aussi que la configuration des étages en des endroits précis peut varier beaucoup sans raison apparente. Il faut cependant bien garder à l'esprit que l'étagement constitue une caractéristique universelle des côtes exposées aux marées et que, même si ce phénomène ne semble pas avoir de corrélation précise avec les marées, l'influence de ces dernières est indéniable. Les étages sont de toute évidence le résultat de l'adaptation des organismes aux conditions du milieu qui ont un rapport avec les marées.

Sachant bien à quel point il serait difficile de corréler la distribution des communautés et des espèces des côtes avec les marées, les Stephenson (1949, 1972) ont fait reposer leur « étagement universel » sur des caractéristiques biotiques plutôt que physiques. D'autres chercheurs au contraire, par exemple Lewis (1955, 1964, 1978) et Doty (1946), ont fait porter leurs efforts sur le rapport entre les facteurs physiques et l'étagement. L'attention s'est tournée au cours des dernières années vers les modifications apportées par la concurrence, la prédation, le broutage et autres interactions biologiques. Certains travaux de ce dernier groupe ont beaucoup d'intérêt, notamment ceux de Connell (1961a, b, 1970, 1972), de Dayton (1971, 1975), de Paine (1969, 1974), de Paine et Vadas (1969), de Test (1945), de Menge (1972, 1976), de Menge et Sutherland (1976), de Jones et Kain (1967), de Pace (1974) et de Lewis (1978).

Les grandes conclusions de ces études sont que la

limite supérieure des espèces littorales, notamment de celles fixées au-delà du niveau moyen des marées, est déterminée par les facteurs physiques et que leur limite inférieure, et peut-être la limite supérieure des espèces du bas du rivage, sont déterminées par les interactions biologiques. Comme le fait remarquer Lewis (1978), cependant, nous ignorons presque tout des facteurs qui déterminent la limite inférieure des espèces du haut du rivage; il s'agit peut-être de facteurs physiques. De même, des facteurs déterminant la limite supérieure de certaines espèces, qu'on croyait physiques, risquent en réalité d'être biotiques dans beaucoup de cas. En outre, quand il est montré qu'un facteur comme la prédation ou le broutage détermine une limite intertidale, il se peut qu'un facteur physique détermine à son tour la présence ou l'absence du prédateur ou de l'herbivore. Par exemple, l'étoile de mer prédatrice et l'oursin de mer herbivore forment le pivot de la répartition des espèces sur le bas du rivage, mais ils constituent un groupe soumis à de dures contraintes physiques dans la zone intertidale exposée.

Suit maintenant une analyse des principaux facteurs dont on sait qu'ils déterminent la distribution intertidale.

Dessèchement — Le dessèchement constitue l'un des principaux déterminants de la limite supérieure, notamment dans le haut du rivage. De nombreux indices et observations directes l'attestent : l'importance des embruns, des éclaboussements et des jets de rive dans l'extension des étages vers le haut donne un bon indice, de même que l'aptitude de certains organismes à se propager vers le haut de la plage sur une roche poreuse et absorbante ou dans les endroits où l'eau suinte. Beaucoup d'études ont porté directement sur l'effet du dessèchement sur le biote littoral. Les organismes colonisant les niveaux supérieurs sont capables d'éviter le dessèchement ou d'y résister. La tolérance des organismes résistants repose sur la capacité de supporter d'importantes déperditions d'eau ou sur le développement de mécanismes permettant sa rétention. Les différentes adaptations au dessèchement sont de caractère morphologique, physiologique, comportemental ou mixte.

À l'échelle locale, les populations de balanes donnent un bon exemple d'organismes intertidaux fixés en haut du rivage et bien adaptés pour résister au dessèchement. La carapace de ces animaux protège les organes, et la couleur blanche tempère les hausses de température, ce qui contribue à freiner davantage l'évaporation. Au pays de Galles, Foster (1971) a trouvé que les balanes de Grande-Bretagne étaient réparties sur le rivage en fonction de leur résistance au dessèchement.

Littorina saxatilis est remarquablement protégé contre les déperditions d'eau. Il a une coquille assez épaisse dont l'ouverture peut être bouchée par un opercule corné. De surcroît, par temps chaud et sec, il scelle l'espace entre l'extrémité de sa coquille et la roche avec un bouchon muqueux. Ailleurs, d'autres espèces situées haut dans la zone intertidale (p. ex., *Littorina scutelata* sur la côte ouest du Canada (Carefoot, 1977)) ont connu une adaptation semblable. Les deux espèces s'entassent dans les dépressions des roches quand il n'y a plus beaucoup d'humidité; il s'agit d'une adaptation comportementale dont l'effet est de réduire les déplacements d'air sur la coquille.

D'autres animaux assez mal équipés pour résister au dessèchement, par exemple, le crustacé amphipode *Gammarus oceanicus*, n'apparaissent dans l'étage supralittoral que quand il y a du brouillard ou qu'il fait très humide; ils se rabattent vers la mer pour se rassembler dans des microhabitats humides quand il y a signe de sécheresse.

Les algues intertidales situées le plus haut sur le rivage ont une aptitude phénoménale pour survivre à des extrêmes de déshydratation. Kanwisher (1957) a montré que *Fucus vesiculosus*, *Ulva lactuca* et *Enteromorpha linza* perdaient 91, 77 et 84 % de leur eau, respectivement, et que le taux de déperdition dépendait de l'humidité relative, de la température et de la force du vent. Ces algues, comme d'autres (p. ex., *Fucus spiralis* et *Porphyra* sp.), deviennent cassantes quand elles sont desséchées, mais elles peuvent réabsorber l'eau très rapidement dès leur réimmersion. Southward (1957, 1966) fait remarquer que les pertes d'eau proviennent surtout des parois cellulaires, qui sont très épaisses dans les formes fixées au niveau des pleines mers. Cependant, Schonbeck et Norton (1978) ont observé en Écosse que, pour *Ascophyllum nodosum* et *Fucus spiralis*, la limite supérieure est déterminée par l'endommagement qu'occasionne le dessèchement durant les marées de morte eau. Par contre, rien n'indique que *Fucus vesiculosus* soit soumis à une telle limitation.

MacDonald *et al.* (1974) ont montré par impédance électrique que les tissus de *F. vesiculosus* et de *A. nodosum* peuvent perdre 70 % de leur eau sans être endommagés par le dessèchement; leur résistance au gel jusqu'à −20°C est tout aussi excellente, même en été.

Une fois établie la couverture de fucoïdes dans l'étage médiolittoral, le dessèchement perd beaucoup de son importance. Cela vaut spécialement pour la région de Quoddy, particulièrement bien protégée par la grande quantité de fucoïdes qui recouvrent l'étage médiolittoral. L'hydraire *Sertularia pumila* et le bryozoaire *Flustrelidra hispida* se retrouvent presque toujours à la base du stipe d'*Ascophyllum nodosum*, mais ne se propagent pas aussi haut sur la plage que leur hôte. Le délicat et minuscule polychète sabellidé *Potamilla neglecta* apparaît presque partout dans l'étage médiolittoral et n'a pour toute protection contre la sécheresse qu'un mince tube fait de boue; il loge dans les minces crevasses et sous la couverture de fucoïdes. La limite supérieure de *Lithothamnion* sp., l'algue rouge encroûtante, se prolonge également vers le haut sous la protection du varech.

Il semble aussi que plus bas dans la zone intertidale, les limites supérieures sont déterminées par la résistance réduite au dessèchement. Ainsi, les espèces littorales d'étoiles de mer (qui ont peu de protection anatomique contre le dessèchement) peuvent perdre des quantités très différentes d'eau, et les pourcentages sont en corrélation avec les aires intertidales occupées (Landenberger, 1969). Connell (1972) a observé que les espèces de *Thais* trouvées sur la côte du Pacifique pénètrent plus haut sur le rivage là seulement où elles sont protégées du dessèchement par des crevasses ou par de grosses balanes.

Il est habituellement admis que les espèces algales qui sont cantonnées à la partie inférieure de la zone intertidale ont une limite supérieure déterminée par leur incapacité de résister au dessèchement (Lewis, 1964);

Muenscher (1915) avait trouvé que *Laminaria* sp., sur la côte ouest de l'Amérique du Nord, ne pouvait survivre que 2 heures à l'air libre. Cependant, certaines observations, notamment celles de Southward et Southward (1978), font douter de l'hypothèse selon laquelle un facteur physique aurait un rôle déterminant. Les deux chercheurs ont trouvé que trois espèces courantes de la frange infralittorale, *Laminaria digitata*, *Laminaria hyperborea* et *Alaria esculenta*, avaient repoussé leur limite supérieure de 2 mètres parfois (bien à l'intérieur de l'étage médiolittoral normal) après l'éradication des algues et des herbivores du rivage à la suite du naufrage du *Torrey Canyon*. Ils ont attribué le phénomène à la suppression du broutage par les patelles. Au même moment, une espèce normalement trouvée dans la partie inférieure de l'étage médiolittoral, *Himanthalia elongata*, étendait son aire d'occupation jusqu'au niveau moyen de pleine mer.

En conclusion, le dessèchement concourt à déterminer les limites supérieures de beaucoup d'espèces, mais les aires occupées sont délimitées par la synergie des facteurs physiques et des facteurs biotiques. Il reste à approfondir cette question.

Immersion — Il est évident que certaines espèces de la partie supérieure de la zone intertidale ne peuvent pas supporter de baigner continuellement dans l'eau de mer. Il en va ainsi de *Littorina saxatilis* et de *Fucus spiralis*, espèces trouvées couramment dans la région de Quoddy (Connell, 1972). Il reste que la limite inférieure de ces espèces est située bien au-dessus du niveau de submersion continuelle et n'est donc pas déterminée par ce facteur limitatif.

Température — La température exerce de multiples effets. Les hautes températures sont nocives en soi et parfois accentuent le dessèchement en renforçant l'évaporation. À l'inverse, les températures approchant le point de congélation sont nocives pour comparativement peu d'organismes, mais rares sont ceux qui survivent au gel même. La variation des températures a aussi beaucoup d'importance. L'hiver, dans la région de Quoddy, un organisme de la partie haute de la zone intertidale peut baigner dans l'eau de mer à 3°C et être exposé à l'air à −20°C l'instant d'après. Au début de l'été, des passages de 6°C dans l'eau à 30°C à l'air sous le soleil ont déjà été observés.

Certaines algues rouges intertidales sont excessivement sensibles aux variations thermiques et ne peuvent supporter des écarts subits de plus de 2°C. D'autres sont beaucoup plus résistantes (Lewis, 1964). La plupart des algues intertidales des régions tempérées résistent au gel et, comme l'a montré Kanwisher (1957), reprennent leur activité métabolique normale même après avoir été congelées pendant longtemps. Par très grand froid, dans la région de Quoddy, nous avons vu des algues intertidales se congeler presque instantanément à l'exondation et dégeler rapidement dès la réimmersion. MacDonald *et al.* (1974) ont montré que les tissus de *A. nodosum* et de *F. vesiculosus* gardent leur résistance remarquable au gel l'année durant, au contraire des plantes vasculaires terrestres des climats tempérés qui perdent leur résistance au froid durant l'été.

Souvent, le réchauffement solaire pèse beaucoup sur le biote de la zone intertidale. Certains organismes tels *Acmaea testudinalis*, *Thais lapillus* et *Littorina littorea* trouvent une certaine protection contre les abrupts changements de température dans l'épaisseur de leur coquille, d'autres, tels *Balanus* sp., dans leur couleur pâle. Il reste cependant que beaucoup d'espèces ont une coquille assez mince et de couleur foncée : c'est le cas de *Mytilus edulis* et de *Littorina saxatilis*. Des expériences ont montré que la température interne de ces animaux s'accroît rapidement à l'émersion (Carefoot, 1977), que certains ont un seuil assez bas de résistance et qu'ils sont tôt frappés de mort par choc comateux. Par exemple, une expérience effectuée en Grande-Bretagne (Lewis, 1964) a montré que *T. lapillus* entrait dans le coma à 28°C et mourait à 36°C. Le même effet était obtenu à 32°C et à 42°C avec *L. littorea* et à 40°C et 43°C avec *L. saxatilis*. La meilleure résistance de *L. saxatilis* peut expliquer en partie pourquoi cet organisme est situé plus haut sur la côte. Il est à noter que les températures de coma et de décès varient avec l'acclimatement et varient aussi d'une population à l'autre. Celles des organismes de la baie de Fundy sont inconnues, mais seraient facilement déterminables en laboratoire.

Nombre des organismes intertidaux se refroidissent par évaporation pour lutter contre l'insolation, notamment les balanes, les isopodes et les patelles (Southward, 1966; Edney, 1953, Segal et Dehnel, 1962).

Comme les algues, la plupart des animaux intertidaux résistent aux températures de l'air inférieures au point de congélation (Friedman, 1933; Kanwisher, 1955). Le seuil létal inférieur de température, chez de nombreuses espèces, peut être abaissé par l'acclimatement (Somme, 1966). Les bigorneaux et les moules, par exemple, peuvent survivre longtemps dans la glace (Kanwisher, 1955; Medcof et Thomas, 1974). Mieux encore, la dispersion des biotes intertidaux par transport dans la glace a été montrée dans la région de Quoddy, dans l'Antarctique et à l'Île-du-Prince-Édouard (Medcof et Thomas, 1974).

La relation température/étagement comporte une autre facette, indirecte cette fois : le décapage de la zone intertidale par les glaçons et les floes. Les dégâts ainsi causés sont considérables dans certains secteurs (Stephenson et Stephenson, 1954a), mais il n'y en a jamais beaucoup eu dans la région de Quoddy à cause de la grande amplitude des marées et du brassage violent des eaux, qui entravent l'englacement.

Lumière — Cela va de soi, la lumière est essentielle à la photosynthèse des algues intertidales; sa qualité, sa durée et sa quantité agissent directement sur la photosynthèse aussi bien que sur la morphogénèse et sur le cycle biologique. Elle agit aussi à rebours en ce sens que l'ultraviolet a des effets néfastes sur presque tous les tissus. Il est probable que, dans la zone intertidale en général, le faible éclairement est rarement limitatif; dans la région de Quoddy, la prolifération algale est peut-être limitée par l'éclairement à cause de deux phénomènes : en premier, et cela n'est pas particulier à la région de Quoddy, il y a la densité des algues fucoïdes qui, dans l'étage médiolittoral, recouvrent les autres algues à la basse mer et font écran à la pleine mer. Toutes ces algues dominantes possèdent des vésicules gonflées de gaz qui les soulèvent dans l'eau et leur donnent accès à la lumière. Deuxièmement, il y a la très grande amplitude de la marée et la transmission

généralement mauvaise de la lumière dans l'eau. Pour résultat, à la pleine mer, les algues intertidales situées le plus bas sont parfois bien en-dessous du seuil de 1 % de l'éclairement ou du niveau de compensation. L'effet combiné de tout cela n'a pas été étudié, mais contribue certainement à l'étroitesse de la zone infratidale, comme le décrivent Logan *et al.* au chapitre 8.

On sait que l'ultraviolet décolore et détruit certaines algues dans la partie supérieure du littoral (Carefoot, 1977). On sait aussi que trop de soleil tue les populations de *Balanus balanoides* implantées de fraîche date, avec le résultat que les rivages tournés vers le nord sont colonisés plus haut que les rivages tournés vers le sud (Hatton, 1938).

En théorie, les caractéristiques spectrales de la lumière agissent profondément sur la distribution des algues marines; ainsi, les algues rouges (Rhodophycées) sont mieux équipées pour absorber la lumière disponible en eau profonde que les algues brunes ou les algues vertes. Les algues vertes (Chlorophycées) absorbent principalement la lumière rouge qui est vite atténuée dans l'eau de mer, et sont donc mieux adaptées à la vie dans les couches supérieures. Les algues brunes (Phéophycées) occupent une position plus ou moins intermédiaire et survivent rarement à plus de 15 mètres de profondeur à moins qu'elles ne soient de grande taille et que leurs frondes ne dépassent ce niveau. En réalité, il ne semble pas que ces différences aient un effet déterminant. Presque partout dans le monde (Stephenson et Stephenson, 1972), les algues rouges sont caractéristiques de l'étage infralittoral, les algues brunes de l'étage médiolittoral et les algues vertes de la partie supérieure de l'étage médiolittoral, mais en certains endroits, la séquence est inversée comme c'est le cas sur la côte ouest du Canada (Blinks, 1955; Carefoot, 1977). Dans la région de Quoddy, la frange infralittorale est souvent dominée par les algues vertes telles *Acrosiphonia arcta* et *Monostroma* sp. Cela laisse penser que la qualité de la lumière n'exerce pas d'effet déterminant sur l'étagement par grands groupes d'algues.

Par contre, la quantité de lumière fait beaucoup varier la biomasse des algues intertidales : c'est dans la zone intertidale très ombragée de Dark Harbour, île de Grand Manan, que *Palmaria palmata* (le Rhodyménie palmé) est, dit-on, le plus abondant et le plus vigoureux de toutes les provinces de l'Atlantique.

Abondance de nourriture — Certains organismes comme les moules et les balanes fixées très haut sur le rivage sont des filtreurs qui s'alimentent seulement à l'immersion dans l'eau de mer. Leur mode d'alimentation est souvent efficace et opportuniste (par exemple, les balanes parviennent à s'alimenter dans les brisants (Southward, 1966)), mais ils sont limités par l'insuffisance des aliments qui leur sont nécessaires dans la partie supérieure de la zone intertidale.

Excrétion — L'excrétion est rarement rangée parmi les facteurs de l'étagement, mais les animaux de la partie supérieure de l'étage médiolittoral et de l'étage supralittoral ont parfois des difficultés d'excrétion. Souvent, certaines espèces restent à découvert pendant des jours et des semaines, et plusieurs vivent hors de l'eau pendant des mois (Lewis, 1964). Elles se sont généralement adaptées à la production d'excréments concentrés ou secs. Par exemple, on a observé dans les trois espèces de *Littorina* trouvées dans la région de Quoddy que la concentration d'acide urique dans les néphridies augmente avec la hauteur d'occupation sur la plage (Nicol, 1969). Certaines balanes vivant dans la partie supérieure de la zone intertidale éliminent les produits d'excrétion et les matières fécales, ainsi que les mues, à l'état presque sec (Southward, 1966).

Antagonismes de certaines adaptations — Il faut garder à l'esprit que certaines des adaptations à la vie intertidale mentionnées ici ont des effets nuisibles et parfois critiques en d'autres circonstances. Il en va ainsi du refroidissement par évaporation qui accélère le dessèchement. D'autre part, la capacité manifestée par certains organismes de se couper virtuellement du milieu occasionne des problèmes respiratoires immédiats puisque l'oxygène n'est plus renouvelé et que le gaz carbonique n'est plus éliminé. Les organismes qui assurent l'échange respiratoire au moyen de branchies sont menacés de perdre trop d'eau.

Les organismes en question s'adaptent de différentes façons, notamment, chez beaucoup de mollusques, par le passage à la respiration anaérobie avec la réaction entre le gaz carbonique en excès et le carbonate de calcium de la coquille (Nicol, 1969). Les littorinidés ont acquis une sorte de poumon constitué par leur cavité palléale vascularisée qui permet l'échange gazeux avec une perte minimum d'eau.

Modes de reproduction — La plupart des plantes et des animaux marins répandent les cellules germinales et les zygotes dans l'eau; la fécondation est normalement externe, et les zygotes, larves et spores ont normalement une phase planctonique de durée variable. Ce sont des modes idéaux pour les formes infratidales, mais qui conviennent de moins en moins à mesure que l'on monte dans la zone intertidale. Il n'est donc pas surprenant que de nouveaux mécanismes reproductifs soient apparus dans la communauté intertidale. Quand le mode classique de reproduction est conservé, les espèces acquièrent des comportements larvaires ultra-spécialisés pour permettre la colonisation d'habitats propices.

L'étoile de mer commune (*Asterias vulgaris*) et la moule bleue (*Mytilus edulis*) sont typiques des organismes au cycle biologique le moins modifié. Ces espèces, comme beaucoup d'autres, répandent les ovules et le sperme dans l'eau, où se produit la fécondation. Les larves se métamorphosent un certain nombre de fois dans le plancton et se fixent après quelques semaines sur le fond de la mer pour prendre la forme de l'adulte.

La fécondation interne (les oeufs sont fécondés dans le corps de la femelle) constitue une variante courante. Chez les balanes telles que *Balanus balanoides* (toutes sont hermaphrodites), la fécondation a lieu entre des organismes voisins. Il y a parfois auto-fécondation avec développement des oeufs dans la cavité palléale. Les larves sont cependant rejetées à la mer. Chez de nombreux gastropodes, on note une fécondation interne avec (1) développement interne des oeufs jusqu'au commencement de la phase adulte dans une poche incubatrice comme c'est le cas chez *Littorina saxatilis*, (2) dépôt des oeufs à l'intérieur d'une masse gélatineuse dans laquelle il y a développement jusqu'à la phase rampante, comme

c'est le cas chez *Littorina obtusata* et *Lacuna vincta* ou (3) dépôt des oeufs dans une oothèque protectrice à l'intérieur de laquelle il y a développement jusqu'au stade des juvéniles rampants, comme c'est le cas chez *Thais lapillus* et *Buccinum undatum*.

Chez plusieurs espèces intertidales, les jeunes se développent à l'intérieur d'une poche incubatrice dont ils sont libérés dès qu'ils peuvent occuper leur niche écologique sur la côte. C'est ce que fait l'abondant *Gammarus oceanicus* chez qui une adaptation particulière permet une protection accrue : l'amphipode mâle porte la femelle contre lui pendant longtemps. L'étoile de mer intertidale *Leptasterias littoralis*, souvent abondante au printemps à Letete, est un cas intéressant : elle assure l'incubation des petits dans une poche formée du disque et de la partie supérieure des bras.

Beaucoup de vers intertidaux déposent leurs oeufs encapsulés ou gluants qui adhèrent au substrat et qui se développent directement en des formes benthiques. Souvent, les hydraires intertidaux n'ont pas de stade méduse nectonique sexuée, les oeufs et le sperme étant produits au stade hydraire.

Contrairement à beaucoup d'invertébrés intertidaux, la plupart des algues ont un cycle biologique complexe : parfois avec production de gamètes et de spores, parfois avec alternance des stades producteurs de spores et de ceux producteurs de gamètes, ou encore, chez la plupart des algues rouges, avec une séquence comprenant un stade gamétophyte et deux stades sporophytes. En outre, dans beaucoup de cas, les variations de température et de photopériode provoquent diverses réactions. Chez certaines algues vertes (p. ex., *Enteromorpha* sp.), brunes (*Ectocarpus* sp.) et rouges (p. ex., *Polysiphonia* sp.), le sporophyte et le gamétophyte sont morphologiquement identiques. Chez d'autres espèces des mêmes groupes, les deux stades sont complètement différents (p. ex., *Acrosiphonia* sp. chez les algues vertes, *Laminaria* sp. chez les algues brunes et *Porphyra* sp. chez les algues rouges — toutes trois communément trouvées dans la région de Quoddy). La plante de *Fucus* sp. est diploïde, elle a un cycle biologique semblable à celui des vertébrés et produit du sperme et des ovules. Les plantes de *Laminaria* que l'on voit sur le rivage sont toutes productrices de spores, et la génération suivante est formée de délicates plantes sexuées microscopiques qui ferment le cycle.

Porphyra a un cycle biologique étrange : il s'agit d'une algue commune, rouge, mince et plate, qui peut se reproduire de manière asexuée ou de manière sexuée. De la manière sexuée, les spores produisent un stade perforeur microscopique et filamenteux qui infeste les coquillages, et dont les propres spores donnent naissance aux grandes plantes minces à vie autonome; c'est l'action réunie de la température et de la photopériode qui détermine l'évolution.

Beaucoup d'algues intertidales ont une autre adaptation : les cellules reproductrices se détachent quand elles sont mouillées par la marée montante de telle sorte que les zygotes récemment fertilisés (p. ex., chez *Fucus* et *Ascophyllum*), dont la densité s'accroît, calent et sécrètent un mucilage pour se fixer au bon endroit sur le rivage, près du lieu de reproduction. Des spores, dont certains sont motiles, sont aussi libérés, se dispersent et se fixent.

Il est important que les spores et les gamètes qui se posent sur le fond produisent sans délai un mucilage adhésif et des crampons efficaces pour assurer la propagation des algues littorales dans ce milieu balayé par les vagues.

Un très grand nombre d'algues prédominantes telles *Fucus* sp., *Ascophyllum* sp. et *C. crispus* (mousse d'Irlande) sont vivaces, à l'évidence, et sont constamment en train de produire de nouvelles frondes. Beaucoup d'autres algues sont également vivaces, mais d'une façon moins apparente; elles semblent s'étioler, mais persistent sous la forme de filaments ou de croûtes inertes et se mettent à produire des plantes qui s'élèvent dès que les conditions redeviennent favorables. Certaines (p. ex., *Sphacelaria* sp.) assurent leur reproduction en produisant des fragments ou propagules.

Les courants littoraux propagent latéralement les spores de nombreuses algues. Certaines algues, notamment les chrysophycées palmelloïdes, ont une alternance de stades littoraux et planctoniques vrais. Bref, les différentes espèces algales littorales se sont adaptées d'une multitude de façons aux conditions de reproduction (Bold et Wynne, 1978; McLachlan, 1974; Edelstein et MacLachlan, 1975; Bird, 1973).

Alors que les spores algales sont souvent entraînées au hasard dans le plancton et se fixent sans discrimination (Carefoot, 1977), beaucoup de larves animales adoptent un comportement élaboré pour se fixer, ce qui a pour effet de les concentrer dans la bonne zone ou sur le bon substrat. Ainsi, la larve de *Spirorbis borealis*, un ver dont le stade larvaire ne dure que 6 à 12 heures, manifeste d'abord un phototropisme positif qui devient plus tard négatif, ce qui permet à la larve d'atteindre le fond où elle est attirée par les frondes de *Fucus vesiculosus* ou de *Fucus serratus* (Williams, 1964).

Dans le cas de *Balanus balanoides*, les larves cypris coulent au fond après avoir vécu sous cette forme pendant quelques semaines. Elles testent la surface pour trouver un substrat adéquat et, au besoin, nagent pour aller explorer plus loin. Elles se fixent immédiatement au contact de leurs congénères vivants ou de la base du squelette d'individus morts. Crisp et Meadows (1962) ont montré expérimentalement que les larves reconnaissaient la configuration moléculaire d'une des substances formant la cuticule des adultes. Crisp (1961) a aussi montré que les larves de *B. balanoides* se fixent généralement à une distance raisonnable les unes des autres (1–3 mm). La lutte pour l'espace vital est ainsi supprimée chez les juvéniles, mais peut encore jouer chez les adultes.

D'autres larves ont aussi recours à des mécanismes élaborés de fixation, mais nous connaissons très mal cet aspect de la biologie intertidale.

Concurrence — Aucune preuve biologique solide ne permet de conclure que la limite inférieure d'une ou de l'autre espèce de la zone intertidale est déterminée par des facteurs physiques, bien que ce soit probablement le cas pour beaucoup d'espèces dont la limite inférieure est située dans l'étage supralittoral. Toutes celles dont la limite inférieure est située au-dessous du sommet de la frange supralittorale pourraient certainement vivre normalement plus bas sur le rivage, à l'exception peut-être des espèces d'origine terrestre comme la plupart des lichens. Prenons un cas d'espèce : *Fucus spiralis*, algue

fucoïde intertidale située le plus haut, occupe une zone tout près du sommet de l'étage médiolittoral et peut s'établir, croître et se reproduire jusqu'à la base de cet étage (Burrows et Lodge, 1951). Mais il reste que, dans la région de Quoddy, son aire est arrêtée abruptement près de la limite supérieure d'*Ascophyllum nodosum*. On suppose donc que ce fucus est tenu en échec par la concurrence (Southward, 1957; Lewis, 1964), bien que cela n'ait pas été démontré. Cette question reste à élucider.

Beaucoup de chercheurs prennent pour acquis que la concurrence s'intensifie vers le bas du rivage. La croissance des animaux comme des plantes est normalement plus rapide à ce niveau et doit donc accentuer les mécanismes de concurrence comme l'effet d'écran, l'étouffement et l'écrasement (Connell, 1972). Il est légitime de penser que la concurrence est aussi efficace pour déterminer la limite supérieure des espèces intertidales inférieures qu'elle l'est à fixer la limite inférieure des espèces supérieures. Les indices réunis par Southward et Southward (1978), mentionnés plus tôt, font certainement penser que les limites supérieures des algues de la frange infralittorale et de l'étage médiolittoral inférieur sont fixées par des facteurs biologiques.

La plupart des travaux sur les mécanismes de la concurrence dans la zone intertidale ont porté sur la faune. Connell (1961a, b; 1970; 1972), qui fait figure de pionnier, a établi les types d'interaction manifestés et a fait porter ses efforts (1961b) sur la concurrence entre deux balanes intertidales de haut de rivage trouvées couramment au Royaume-Uni (*Balanus balanoides* et *Chthamalus stellatus*) en calculant le taux de survie de *C. stellatus* à différents niveaux tidaux quand elle était seule et quand elle entrait en concurrence avec *B. balanoides*. En observant ce qui se passait quand des sujets des deux espèces venaient en contact, il trouva que, sauf ceux des niveaux les plus hauts, tous les *B. balanoides* croissaient plus vite et éliminaient *C. stellatus* en sapant les coquilles de leurs rivaux, ce qui les arrachait de leur substrat, en les étouffant sous leur masse du fait de leur croissance plus rapide ou bien en les broyant. Ainsi, *B. balanoides* parvient à gagner la lutte pour l'espace vital aux dépens de *C. stellatus*, sauf à l'extrême limite de l'étage médiolittoral où cette dernière parvient à survivre à cause de sa plus grande tolérance aux extrêmes de températures et au dessèchement.

C. stellatus n'existe pas sur la côte est de l'Amérique du Nord, et cette forme de concurrence ne joue donc pas. En examinant les communautés intertidales sur une côte rocheuse de la Nouvelle-Angleterre, Menge (1976) observa que la lutte intraspécifique pour l'espace chez *B. balanoides* intervenait pour beaucoup dans la structuration de la communauté intertidale de haut de rivage. Dans les secteurs moins exposés aux vagues de l'étage médiolittoral, la limite inférieure des balanes était déterminée par la prédation par *Thais lapillus* alors qu'aux endroits plus exposés, elle l'était par la lutte pour l'espace contre *Mytilus edulis*. En outre, dans les secteurs exposés, l'exclusion des moules permettait la persistance des balanes. Les moules ne mettaient qu'un à deux mois pour établir leur prédominance sur les rivages en pente normale, mais elles mettaient beaucoup plus de temps sur les rivages à pic, parfois jusqu'à deux ans. Menge rapporte aussi un fait curieux : lors de la colonisation de la roche nue, lisse et exposée aux vagues, *B. balanoides* doit précéder *M. edulis*, faute de quoi les jeunes moules ne parviennent pas à survivre. Menge (1974) et Paine (1974) sont tous deux d'avis que le tapis rugueux constitué par les petites balanes est essentiel à la survie des moules. Tournant son attention vers le rôle des algues fucoïdes dans cette situation, Menge trouva que les coups de fouet donnés par les algues modifient l'établissement des balanes, mais ne changent rien au résultat final. Il trouva, en outre, que la survie de *Fucus* sp. était favorisée sur toutes les plages par la présence des balanes, mais inhibée par celle des moules. Il attribua à la concurrence contre les moules la rareté de *Fucus* sp. sur les côtes battues par les vagues. Cette constatation a peut-être une certaine résonance dans le cas des rivages de la région de Fundy où, comme nous l'avons déjà dit, les algues fucoïdes sont abondantes aux endroits exposés tandis qu'il n'y a pratiquement jamais de moules. Il se peut qu'un autre facteur agissant sur la fixation, la survie et la croissance des moules prenne une importance critique sur nos côtes. Cela mérite d'être approfondi.

Menge (1976) trouva que, sur les rivages de l'Atlantique dominés par les balanes, la structure des communautés était déterminée par la concurrence intraspécifique. Lewis (1978) lance l'idée que le mécanisme pourrait se perpétuer jusqu'au point où des populations entières de *B. balanoides* s'autodétruiraient quand une prolifération rapide fait suite à un recrutement intense; le même chercheur a noté l'intervention d'un processus semblable chez les moules et émet l'hypothèse que la survie de ces espèces aux niveaux supérieurs pourrait dépendre des dures conditions physiques qui réduisent la concurrence.

Beaucoup d'autres excellentes études touchant la concurrence sur les rivages rocheux ont été publiées, mais elles ont été menées surtout sur les côtes américaines du Pacifique. D'intérêt spécial, notons les publications de Harger (1970a, 1972), de Dayton (1971, 1975) et de Paine (1974) qui portent sur les interactions entre certaines espèces de moules, de balanes, etc. de la côte ouest. Lewis (1978) souligne à juste titre que la côte est et la côte ouest sont généralement très différentes, notamment en ce que la deuxième n'a pas de zone dominée par un équivalent d'*Ascophyllum nodosum*. Peut-être cela serait-il, selon lui, à l'origine de communautés davantage influencées par des interactions biologiques variables alors que les communautés de l'Atlantique seraient beaucoup plus stables. Hélas, les facteurs gouvernant l'établissement, la prolifération et la dominance d'*A. nodosum* n'ont pas encore été étudiés.

Prédation — Cela va de soi, il y a un grand nombre de prédateurs sur nos différentes côtes rocheuses, du pourpre de l'Atlantique *Thais lapillus* jusqu'aux différentes étoiles de mer telle *Asterias vulgaris*, sans négliger les prédateurs plus actifs tels le crabe vert *Carcinus maenas* et différents poissons tels la sigouine de roche *Pholis gunnellus* et la plie rouge *Pseudopleuronectes americanus*. Certaines espèces (p. ex., *Thais*) sont établies en permanence; d'autres suivent les saisons ou viennent avec les marées. Il y a une certaine prédation exercée par des

espèces terrestres, tel le goéland argenté (*Larus argentatus*), qui viennent se nourrir à marée basse.

Thais lapillus est un prédateur courant de la région de Quoddy dont nous savons qu'il modifie les limites de distribution en zone intertidale de ses proies tels *Balanus* sp. et *Mytilus edulis*. Connell (1961a, b) observa que l'exclusion de *T. lapillus* au moyen de cages favorisait la survie des deux espèces de balanes en place (*B. balanoides* et *Chthamalus stellatus*). Sur les rivages exposés, cependant, l'effet exercé sur *B. balanoides* était davantage prononcé puisque cette espèce dominait les parties basses de la côte où *T. lapillus* se trouvait et parce que *Thais* marquait une préférence pour les *B. balanoides*, plus grosses que les *C. stellatus*. Cette préférence pour les grosses balanes modifie aussi la distribution par taille de *B. balanoides* : les sujets de plus de deux ans sont sélectionnés. Les travaux de Connell menèrent à la notion de « refuges », régions ou situations mettant les proies à l'abri des prédateurs. Dans le cas de *B. balanoides*, il existe un tel refuge dans la partie haute de la zone intertidale, là où *Thais* ne peut survivre à cause de sa vulnérabilité supposée au dessèchement. Il en existe un autre dans les endroits durement balayés par les vagues car *Thais* ne parvient pas à ramper et à adhérer au sol quand les vagues sont violentes. Les refuges constituent des secteurs de survie et d'abondance accrues. Connell (1970, 1972) et Dayton (1971) ont également porté leur attention sur la prédation exercée par plusieurs espèces de *Thais* sur les balanes de la côte du Pacifique et ont obtenu des résultats similaires, sauf que *Balanus cariosus* n'avait pas de « refuge » lié à la taille et survivait à la prédation uniquement parce que les gros spécimens étaient à l'abri de *Thais lamellosa*. Les mêmes chercheurs ont aussi observé que le mauvais temps, qui a pour effet de réduire les populations de *Thais*, était suivi de périodes durant lesquelles les balanes se faisaient plus abondantes. L'ensemble du système était considérablement influencé par les facteurs déterminant la distribution de *Thais* dont il est supposé qu'il est vulnérable au dessèchement à sa limite supérieure et à la prédation par l'étoile de mer à sa limite inférieure.

Partant d'études comme celles qui sont mentionnées ci-dessus et s'appuyant sur ses propres travaux de la côte du Pacifique, Paine (1974) soumit l'hypothèse que certaines espèces de haut niveau trophique, habituellement des prédateurs, influaient de façon disproportionnée sur la structure des communautés intertidales. Il les appela « espèces-clés » et prit *Pisaster ochraceus*, une étoile de mer du Pacifique, comme exemple. Lors de travaux sur le terrain, un rivage fut débarrassé de cette espèce pendant un grand nombre d'années. L'effet sur l'étagement et la structure de la communauté fut spectaculaire. *Mytilus californianus*, qui occupait auparavant une très étroite bande, se répandit rapidement vers le bas du rivage et acquit une nouvelle limite, beaucoup plus basse, délimitée par *Thais* sp. Le deuxième effet majeur fut que la diversité spécifique dans la région nouvellement dominée par les moules passa de 25 à 1 espèce. En s'attaquant à *Mytilus*, *Pisaster* permettait la survie d'une vingtaine d'espèces.

Nous n'avons pas trouvé d'espèces-clés sur notre propre côte de l'Atlantique, mais il se pourrait que *Thais lapillus* en soit une. Ce gastropode s'attaque aux balanes et aux patelles et modifie leur distribution. À leur tour, les deux proies influent sur la survie des fucoïdes, les balanes de façon positive (Menge, 1976) et les patelles de façon négative. Les balanes facilitent aussi l'établissement des moules qui, comme l'a montré Menge (1976), l'emportent sur les fucoïdes. Ces corrélations d'une importance peut-être critique méritent notre attention et pourraient permettre de résoudre l'énigme que posent les rivages dominés par les fucoïdes de la région de Quoddy.

Herbivores — La zone intertidale constitue un système assez inhabituel en ce qui a trait aux herbivores. La majeure partie de l'étage médiolittoral de nos côtes est dépourvue de grandes populations d'herbivores, ce qui contraste étonnamment avec les côtes plus au sud (donc, plus proches des tropiques) où l'étage médiolittoral est intensément brouté. Celui de la région de Quoddy a pour principaux herbivores les bigorneaux (qui se nourrissent des épiphytes et des algues macroscopiques), *Gammarus oceanicus* (qui est omnivore, mais qui broute les fucoïdes) et, dans la partie inférieure, la patelle, *Acmaea testudinalis* (qui est principalement herbivore). Le broutage devient très intense dans la frange sublittorale, spécialement avec l'action de l'oursin commun *Strongylocentrotus droebachiensis*, qui forme souvent une bande virtuellement ininterrompue dans cette zone.

Mann (1977) a observé que, dans la baie St. Margarets, en Nouvelle-Écosse, les bancs de varech qui étaient envahis par l'oursin commun étaient complètement ravagés. Cela l'amena à conclure que le déclin de ces algues était permanent plutôt que cyclique et était lié à celui de la population de homard (*Homarus americanus*), prédateur de l'oursin.

La rareté de *Laminaria* sp. dans la région de Quoddy semble aussi reliée à l'activité des oursins, bien que cela n'ait pas été vérifié expérimentalement.

Fralick *et al.* (1974) ont observé un phénomène semblable avec *Lacuna vincta*, la lacuna commune de l'Atlantique, sur les côtes du New Hampshire. Ce petit gastropode qui peut aussi ravager les bancs de varech se retrouve aussi couramment sur les côtes de la baie de Fundy. Ces observations prouvent qu'il reste encore beaucoup de recherche à faire sur l'action qu'exercent les herbivores sur les populations d'algues.

Bien que les herbivores médiolittoraux ne soient pas abondants sur nos côtes, ceux des côtes européennes aux caractéristiques semblables comptent de grandes populations d'une autre espèce de patelle, *Patella vulgata*, qui agit profondément sur les populations de fucoïdes. Au cours d'expériences durant lesquelles cette espèce était enlevée, on observa de fortes augmentations des populations d'algues (Jones, 1948; Southward, 1964). Les nouvelles populations survécurent pendant quelques années, mais furent finalement éliminées par les patelles qui broutaient et coupaient les stipes. Southward et Southward (1978) ont aussi constaté le rôle prédominant des patelles dans le rétablissement des communautés habituelles des côtes rocheuses après le désastre du *Torrey Canyon*.

Modes d'étude et méthodes de collecte

Collecte

Pour les collectes de type général dans la zone intertidale, la façon la plus commode d'opérer consiste à prélever et à transporter les spécimens dans des sacs de polyéthylène de diverses grandeurs. Identifier chaque sac en introduisant avec les spécimens une étiquette sur laquelle figurent le lieu, l'habitat et autres informations nécessaires, marqués au crayon. Habituellement, il n'est pas nécessaire, ni recommandé, d'ajouter de l'eau, mais quand il s'agit de matériel très fragile, par exemple, des nudibranches et de très petits poissons et algues très fragiles, il vaudrait mieux placer les échantillons, dans l'eau, dans un deuxième sac ou un bocal en plastique, à l'intérieur du grand sac. Par temps très chaud, il vaut mieux garder les spécimens dans un endroit frais et à l'ombre, de préférence dans une glacière. De cette façon, on est certain que le matériel vivant atteint le laboratoire en bon état. Quelques mesures de précaution à respecter : (1) n'introduire qu'une quantité modérée d'échantillon dans chaque contenant; (2) n'inclure aucun autre matériel avec l'algue *Desmarestia viridis*, qui produit de l'acide sulfurique; et (3) avant de fermer le sac, le gonfler d'air afin que le contenu ne soit pas écrasé.

Quand on est loin du laboratoire, il vaut mieux conserver les spécimens sur le terrain de la façon décrite plus loin, mais cela complique l'identification des espèces qui se contractent beaucoup; il est préférable de les examiner vivantes et en extension ou après les avoir soigneusement anesthésiées et préservées. L'anesthésie n'est généralement pas très commode sur le terrain.

En laboratoire, il est conseillé d'identifier sans tarder les spécimens vivants à moins d'avoir accès à une source courante d'eau de mer fraîche. Quand on peut les réfrigérer, les algues peuvent être gardées en petite quantité pendant quelque temps dans des sacs maintenus humides ou dans des coupelles contenant de l'eau de mer.

Il faut prélever un nombre modéré d'échantillons dans les biotes intertidaux, spécialement s'il s'agit d'espèces rares dont la collecte abusive mène rapidement à l'extinction locale. Une fois disparues, ces espèces ne réussiront peut-être pas à recoloniser la région, et les dommages causés seront irréparables, tandis que le champ des études ultérieures se trouvera transformé d'autant. En outre, le prélèvement inconsidéré d'espèces communes, qui risquent d'être des espèces-clés non reconnues comme telles, peut vite mener à un déplacement de l'équilibre écologique qui changera les rapports entre tous les organismes trouvés sur la côte. De plus, il est important de ne pas endommager les microhabitats en les explorant de façon négligente. En particulier, il faut remettre les roches détachées à leur place, face intérieure en dessous, et redéployer les algues dans leur position normale. Il est nécessaire de prendre ces deux précautions pour éviter le dessèchement excessif des habitats protégés qui sont essentiels à la survie des espèces les plus délicates et parfois, à celle des larves d'adultes résistants. Il n'est pas permis de prélever d'échantillons à moins de 1 000 pieds de la Station de biologie de St. Andrews du ministère fédéral des Pêches et des Océans.

Identification

Dans la région considérée, le biote est constitué d'éléments de types arctique, boréal et virginien (Bousfield et Thomas, 1975); il est remarquable par sa diversité. Il n'existe pas de clé décrivant toutes les espèces qui s'y trouvent. La meilleure clé générale pour les animaux est *Keys to the Marine Invertebrates of the Woods Hole Region* (Smith, 1964); autres ouvrages utiles, ceux de Gosner, *Guide to Identification of Marine and Estuarine Invertebrates* (1971), et *A Field Guide to the Atlantic Seashore* (1978). La plupart des animaux couramment rencontrés figurent dans *A Preliminary Guide to the Littoral and Sublittoral Marine Invertebrates of Passamaquoddy Bay* de Brinkhurst *et al.* (1975). Malheureusement, l'utilité de cet ouvrage est réduite par d'importantes omissions. Le *Field Book of Seashore Life* (Miner, 1950) constitue aussi un guide très utile, mais toute identification effectuée à partir de cet ouvrage doit être contrevérifiée avec les clés de Smith ou de Gosner. Leim et Scott (1966) ont traité de toutes les espèces de poissons, tandis que Scott et Messiah (1976) ont concentré leur attention sur les espèces les plus courantes.

À l'occasion, il faudra consulter des travaux spécialisés : Fraser (1921) pour les hydraires, Pettibone (1963) pour les polychètes, Wallace (1919) et Schultz (1969) pour les isopodes, Bousfield (1973) pour les amphipodes et Abbott (1974) pour les mollusques.

Il n'y a pas de manuel du débutant vraiment satisfaisant en ce qui touche les algues marines. L'ouvrage classique, la « Flore » de William Randolph Taylor (1957), fait autorité et constitue la clé la plus complète, mais elle est très dépassée. On peut s'assurer des désignations courantes en se référant à l'article de Wilson *et al.* (1979) qui contient une bibliographie complète sur les algues de la région. *The Seaweed Handbook* de Lee (1977) est peut-être l'ouvrage le plus utile pour le débutant. D'autres guides illustrés et clés pour l'Atlantique Nord ont une certaine utilité, notamment ceux de Dickinson (1963), de Kingsbury (1969) et de Gosner (1978).

Hale (1969) fournit la description des lichens foliacés et fruticuleux, ainsi qu'une clé des espèces. Les plantes vasculaires terrestres sont traitées de manière complète dans Gleason (1963), Gleason et Cronquist (1963), Roland (1947) et, plus récemment, par Scoggan (1978) dans *The Flora of Canada*.

Linkletter *et al.* (1977) ont publié un panorama de la faune et de la flore de la région, qui sera bientôt révisé. Tout cas nouveau ou inhabituel dans la région devrait être rapporté au centre d'identification de la Station de biologie de St. Andrews (N.-B.) E0G 2X0.

Anesthésie et conservation

Afin que les invertébrés gardent un état apparenté à leur état vivant, il faut les anesthésier avant de les fixer ou de les conserver. Les substances les plus utiles sont le menthol, l'éthanol et le sulfate de magnésium. Différents groupes et même différentes espèces à l'intérieur d'un

même groupe réagissent parfois de façon différente aux substances employées. Le menthol est le plus universel. Quelques cristaux sont mis à flotter dans un petit contenant d'eau de mer propre qui contient le spécimen. L'anesthésie peut prendre quelques heures, et on peut tester les réactions de l'animal avec une aiguille; à moins d'une anesthésie complète, il y aura rétraction à la fixation. On ajoute l'éthanol goutte à goutte, lentement, jusqu'à ce que la réaction cesse, et on emploie le sulfate de magnésium de la même façon en solution forte dans l'eau de mer. Pour obtenir un effet plus léger, il faut employer 22 g/L de sulfate de magnésium anhydre ou 74 g/L de chlorure de magnésium hydraté dans l'eau distillée mélangée à un volume égal d'eau de mer propre. En cours d'anesthésie, il faut garder les contenants au frais, à la lumière tamisée et sans agitation. Les mollusques nudibranches sont particulièrement difficiles à fixer quand ils sont complètement déployés, mais on y parvient en plaçant le spécimen vivant dans une coupelle au congélateur. Le bloc gelé est ensuite fondu dans un contenant rempli d'une solution à 8 % de formol dans l'eau de mer. Pour les cas particulièrement difficiles, certains anesthésiants telle la novocaïne peuvent donner de bons résultats.

On fixe normalement l'échantillon au moyen d'une solution de formol à 8 % dans l'eau de mer; c'est une solution qui peut aussi servir à la conservation de la plupart des espèces n'ayant pas d'exosquelette calcaire. Celles qui ont une coquille calcaire ou des éléments d'exosquelette doivent être fixées dans le formol pendant 24 heures et transférées ensuite dans une solution d'isopropanol à 40 % dans l'eau de mer. Une solution de formol neutralisée à l'hexaméthylènetétramine (Marr, 1963) ou au borax donne aussi d'excellents résultats. La plupart des fixateurs et des agents de conservation faussent les couleurs; quand c'est un caractère important, il faut avoir recours à des techniques spéciales de conservation.

Les algues macroscopiques peuvent être conservées dans une solution de formol à 8-10 % dans l'eau de mer (neutralisée, de préférence) à l'intérieur de bouteilles bien fermées et identifiées. Les organismes délicats (la plupart des organismes filamenteux) peuvent être conservés dans le formol ou dans une préparation fraîche de FAA (formol-acide acétique-alcool), rincés dans un solvant approprié et ensuite transférés dans des fioles contenant une solution d'isopropanol à 70 % dans l'eau de mer (ou d'éthanol à 70 %) pour le stockage et l'étude ultérieure. Pour les collections générales, il est habituellement préférable de prendre de bons spécimens représentatifs et de les laisser se déposer sur une feuille de papier à herbier de grandeur convenable avant de les presser. Cette méthode permet de garder la couleur, la forme et la texture de la plupart des grosses algues, mais ne permet pas commodément d'étudier ultérieurement les structures microscopiques ni de mesurer la taille des cellules. Pour sécher les algues, il faut laisser s'égoutter le spécimen bien étalé sur une feuille marquée avant de le déposer sur un buvard placé sur un séchoir en carton ondulé; le spécimen est ensuite recouvert d'une couche de tissu de coton (les pièces découpées dans de vieux draps sont idéales, mais l'étamine peut convenir), ensuite d'un autre buvard et d'un autre séchoir. L'opération est répétée jusqu'à constitution d'une pile pouvant être mise sous presse; le séchage se poursuit sous une légère pression dans un endroit chaud et sec. Il est conseillé de changer le buvard tous les jours durant le séchage. Les spécimens séchés sont ensuite déposés à plat dans des cartables et gardés dans un endroit sec. La plupart des algues produisent assez de mucilage dans leurs parois cellulaires pour adhérer au papier. Pour les espèces à texture très solide, comme *Fucus* et *Laminaria*, il est plus efficace de commencer avec du papier journal au lieu des buvards jusqu'à ce que le mucilage ait dégorgé presque toute son eau. Certaines espèces particulièrement robustes devront peut-être être fixées avec du mucilage puis séchées à nouveau sous pression après le premier séchage. Les algues calcaires et autres algues encroûtantes se conservent le plus efficacement par la fixation dans une solution à 8 % de formol et par la conservation dans l'alcool comme il est indiqué plus haut. Pour garder des spécimens des algues calcaires déposées sur les roches, il suffit de faire sécher la roche et de l'étiqueter.

Les plantes vasculaires sont aussi conservées par séchage sous presse, entre des feuilles de papier journal, mais il ne faut pas les faire déposer dans l'eau sur le papier à herbier comme les algues.

On peut conserver les lichens et les mousses en les séchant et en les gardant dans des sacs en papier ou des boîtes identifiées.

Méthodes de levé dans la zone intertidale

On pratique des levés pour parvenir à décrire de façon précise la configuration des étages et à calculer la hauteur des parcelles d'étude en zone intertidale par rapport aux caractéristiques de la marée dans la région choisie.

Dans les cas où il faut une extrême précision, on pourra recourir aux levés standards le long de transects ou à l'emploi de niveaux (soit des modèles tenus à la main, peu coûteux, soit des modèles complexes, plus chers) mais il existe une méthode simple (Thomas, 1976), applicable sur les côtes de la région de Quoddy et qui donne des résultats précis quand le travail est effectué avec soin. On emploie l'horizon comme ligne de niveau et la hauteur prédite de la basse mer pour établir l'altitude.

L'étude de l'étagement se fait d'habitude le long de transects disposés à angle droit de la ligne générale du rivage, entre le niveau de basse mer et le haut du rivage. La figure 8 illustre la technique du levé le long d'un transect. Le plus souvent, on commence l'opération 2 heures ou plus avant la basse mer et on procède de haut en bas. On peut faire le contraire, mais cela ne laisse pas beaucoup de temps pour effectuer les travaux. Le plus souvent, on marque l'endroit où commence le transect. Pour ce faire, on vaporise une peinture de couleur voyante et à séchage rapide, mais les marqueurs en papier retenus avec un poids sont également efficaces quand il s'agit de levés uniques. Le transect doit normalement être établi sur une section du rivage à la pente assez constante et sans grosses falaises, grottes ou rochers, etc. Il est toutefois possible d'adapter la méthode de façon à tenir compte de ces caractéristiques. Le levé est effectué en une série

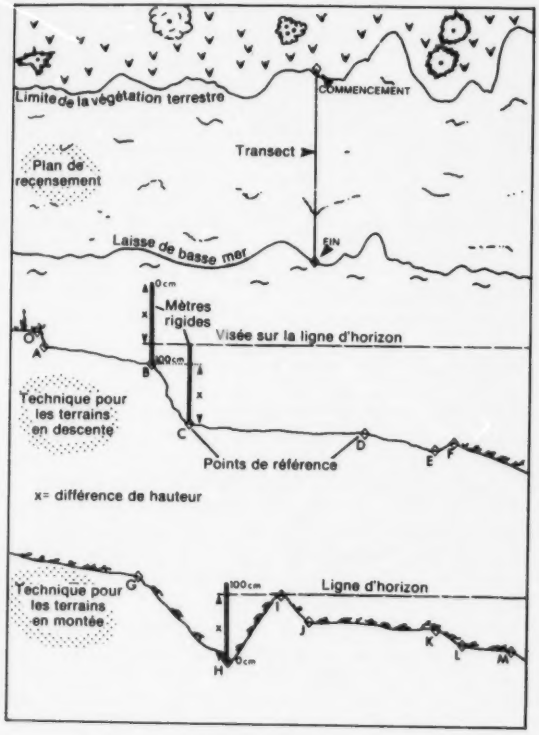


FIG. 8. Étude d'une coupe transversale sur une côte rocheuse.

d'étapes terminées par des points de référence marqués sur le transect. Tout changement important de gradient doit constituer un de ces points et, pour des questions de commodité, l'écart vertical entre eux ne devrait pas dépasser 2 mètres. En pratique, un mètre rigide est tenu verticalement sur le plus bas d'une paire de points tandis que sur l'autre point, un observateur appuie un autre mètre rigide sur la roche avec le 0 tourné vers le haut. Ce dernier fait coïncider la ligne d'horizon et le haut du mètre le plus bas; la ligne de visée recoupe un point sur le mètre du haut. La lecture correspond à la différence de hauteur entre les deux points (fig. 8). La distance entre les deux points est mesurée directement avec un ruban ou des mètres rigides. La répétition de ce procédé jusqu'au niveau de basse mer, sur un rivage en pente continue, fournit un ensemble de coordonnées qui permet une reconstitution graphique précise du profil du rivage. On choisit la précision souhaitée, mais il est possible de travailler au millimètre. La figure 8 montre comment il est possible de cartographier une saillie en faisant coïncider son sommet et la ligne d'horizon. On mesure les creux et les bosses de plus de un mètre en mettant bout à bout des mètres rigides. On peut adopter d'autres petites astuces pour lever des difficultés particulières.

Par beau temps, dans la région de Quoddy, les marées sont parfaitement prévisibles, et le niveau d'eau au moment de la basse mer prédite peut servir à calculer l'altitude de points sur le rivage par rapport à la basse mer moyenne ou au niveau de référence des cartes marines. Comme, dans la région de Quoddy, le zéro des cartes correspond à la hauteur moyenne des basses mers inférieures, il serait avisé d'employer le niveau de basse mer moyenne comme référentiel. La hauteur moyenne des basses mers inférieures ne se fonde que sur la plus basse des deux basses mers quotidiennes; c'est donc dire qu'il ne s'agit pas du véritable niveau moyen.

On trouvera dans les *Tables des marées et courants du Canada* de l'année en cours (Anonyme, 1979a, etc.) le niveau de la basse mer pour la journée du levé. Tous les calculs sur les marées dans la région de Quoddy ont le port de Saint-Jean pour port principal de référence, et les corrections chronologiques et de niveau sont faites par rapport au port secondaire le plus rapproché du secteur des levés. L'interpolation entre des ports secondaires contigus est possible pourvu que l'on tienne compte de la position de l'aire d'étude entre les deux ports. Les *Tables des marées et courants du Canada* indiquent les facteurs de correction pour plusieurs ports secondaires, mais on obtient en pratique de meilleurs résultats en combinant les tables britanniques et les tables canadiennes qui n'emploient pas les mêmes ports secondaires. Le port principal et les ports secondaires de la région apparaissent à la figure 9, et les corrections métriques de base au tableau 3. Les délais permettant de calculer les heures de pleine mer et de basse mer à l'emplacement des levés sont donnés en fonction de l'heure des marées à St-Jean. À noter que les tableaux sont à l'heure normale et qu'il faut donc *ajouter* une heure quand l'heure avancée est en vigueur. Les corrections de hauteur sont calculées de façon à donner la hauteur prévue de la marée à l'emplacement du levé en centimètres au-dessus du zéro des cartes. Le tableau 4 donne le rapport entre le zéro des cartes et la hauteur de référence des marées dans chaque port secondaire. Pour ramener la hauteur au-dessus du zéro des cartes à la hauteur par rapport à la basse mer moyenne, il faut *soustraire* le niveau de la basse mer moyenne indiqué au tableau 4. Toutes les données des tableaux 3 et 4 sont des constantes et sont applicables à n'importe quelle table des marées. À noter que les niveaux indiqués dans les tables sont arrondis à 0,1 m et 0,1 pi. La conversion métrique des données indiquées en pieds donne des valeurs métriques un peu plus précises, mais en pratique, le niveau ne peut être déterminé qu'à ± 5 cm.

Il est aussi possible de calculer le niveau des marées en tout point du rivage simplement en notant à quelle heure la marée l'atteint par une journée de beau temps. C'est aussi une bonne façon de vérifier le calcul des niveaux intermédiaires que nous venons de décrire. Les tables des marées de l'Amirauté britannique (Anonyme, 1979b) fournissent une méthode précise de calcul et on peut trouver dans chaque parution des *Tables des marées et courants du Canada* (Anonyme, 1979a) la description d'une méthode approximative.

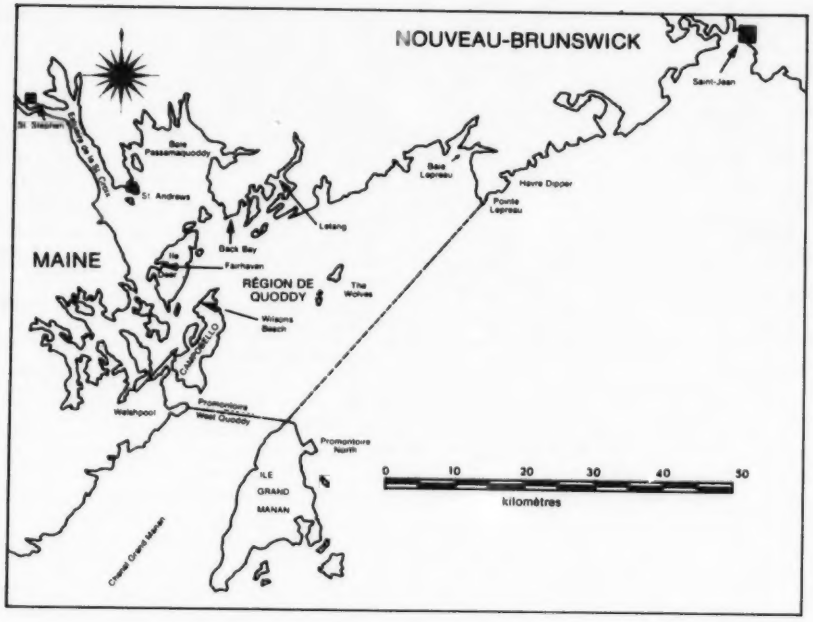


FIG. 9. Emplacement des ports secondaires de prédiction des marées dans la région de Quoddy et du port principal de Saint-Jean.

TABLEAU 3. Différence de hauteur et d'heure des marées dans les ports secondaires de la région de Quoddy et des alentours qu'il faut appliquer aux prédictions calculées pour le port de Saint-Jean (Nouveau-Brunswick).

Port	Correction de hauteur (m)				Correction des heures (min)	
	PMMVE[a]	PMMME[b]	BMMME[c]	BMMVE[f]	PMM[e]	BMM[f]
St. Stephen	−0,6	−0,3	−0,4	−0,1	+8	+28
St. Andrews	−0,7	−0,5	0,0	+0,3	+7	+16
Welshpool	−1,4	−1,0	−0,3	+0,1	−2	+8
North Head	−1,5	−1,1	−0,4	+0,1	−5	−5
Wilsons Beach	−1,1	−0,7	−0,3	+0,1	−5	−1
Fairhaven	−0,8	−0,5	−0,2	+0,1	+3	+9
Back Bay	−1,1	−0,8	−0,2	+0,1	−7	−6
Letang	−1,1	−0,8	−0,1	+0,0	+1	−5
Lepreau	−0,8	−0,5	−0,2	+0,2	−1	+3
Dipper Harbour West	−0,4	−0,2	−0,3	+0,0	−7	−5
Saint-Jean	0	0	0	0	0	0

[a] PMMVE : pleine mer moyenne de vive eau
[b] PMMME : pleine mer moyenne de morte eau
[c] BMMME : basse mer moyenne de morte eau
[d] BMMVE : basse mer moyenne de vive eau
[e] PMM : pleine mer moyenne
[f] BMM : basse mer moyenne

Méthodes quantitatives

On emploie des quadrats de différentes grandeurs pour estimer l'abondance et la biomasse des communautés intertidales. Cependant, cette méthode n'est pas commode d'emploi en terrain très accidenté ou sur des roches fissurées puisque la superficie considérée peut de beaucoup excéder la surface nominale du quadrat. Habituellement, on dépose ce dernier parallèlement à la surface et on effectue le recensement à l'intérieur sans tenir compte de la superficie réelle de la parcelle encadrée. Une superficie de 0,1 m^2 permet de constituer un échantillon suffisant pour les espèces courantes; pour un travail plus précis, on prend des échantillons répétés de 0,04 m^2 ou de 0,01 m^2. L'examen de 5 à 10 échantillons fournit normalement d'excellents résultats, sauf dans le cas de quelques espèces rares. Il est possible de juger de l'efficacité de la méthode en pratiquant une contre-vérification par une autre méthode comme celle de Weinberg (1978). Il est très difficile d'échantillonner de très étroites zones, comme celle occupée par *Fucus spiralis*, au moyen des techniques courantes, et il faut avoir recours à des méthodes spéciales.

Les estimations en poids frais de la biomasse constituée par les espèces intertidales risquent d'être faussées systématiquement à cause du poids des lourdes coquilles de beaucoup d'espèces de mollusques. On arrive à de meilleurs résultats avec ces espèces en calculant le poids sec après décalcification ou le poids sec après correction par le poids des cendres déterminé après coup. Cela vaut aussi pour les algues calcaires. Thorson (1957) a produit une liste de données pour la conversion du poids frais en poids sec pour différents groupes, mais il ne s'agit que d'approximations. Les rapports poids frais / poids sec varient considérablement d'une espèce à l'autre et d'une population à l'autre.

Les formes encroûtantes soulèvent un problème particulier; elles sont fréquemment quantifiées en fonction de leur superficie exprimée en pourcentage du substrat disponible. Il est cependant possible d'estimer la biomasse en brisant la roche qui porte le spécimen. Il suffit alors de mesurer la surface du spécimen et de peser la roche et le spécimen en poids frais, en poids sec et en poids après calcination à 435°C. La dernière mesure permettra d'établir la correction pour toute la matière inorganique.

Pour ces cas comme pour d'autres, on peut estimer la superficie couverte par différentes espèces à l'intérieur d'un quadrat en appliquant un réticule ou en photographiant l'intérieur du quadrant et en examinant les photos. Menge (1976) a décrit une autre méthode commode consistant à tracer 100 points au hasard sur une plaque de plexiglas. La plaque est ensuite posée sur le substrat et le nombre de points superposés à des sujets d'une espèce donnée fournit une estimation de la couverture en pourcentage. Menge avait recours à des plaques de 0,25 m^2, mais il sera préférable d'employer des plaques de 0,1 m^2 pour de nombreuses communautés.

L'abondance numérique de beaucoup d'algues ne peut être déterminée parce que les sujets ne peuvent être isolés de façon satisfaisante. Dans ce cas, la biomasse remplace adéquatement l'abondance.

Expériences

Les études écologiques récentes en milieu intertidal prennent de plus en plus souvent la forme d'expériences visant à mettre en lumière le rôle des prédateurs et des brouteurs comme l'effet de la concurrence sur les espèces intertidales et sur la structure de la communauté littorale.

Tableau 4. Données sur les marées des ports de la région de Quoddy et de Saint-Jean (N.-B.).

Port	Marnage moyen (m)	BMM[a] (m)[b]	NMM[c] (m)[b]	PMM[d]	BMMVE[e]	PMMVE[f]
St. Stephen	6,1	0,9	4,0	7,0	0,5	7,4
St. Andrews	5,6	1,3	4,1	6,9	0,9	7,3
Welshpool[g]	5,2	1,0	3,7	6,2	0,7	6,6
North Head[h]	5,1	1,1	3,6	6,2	0,7	6,5
Wilsons Beach[g]	5,1	1,2	3,8	6,3	0,9	6,7
Fairhaven[i]	5,5	1,2	3,9	6,7	0,6	7,2
Back Bay	5,2	1,3	3,8	6,5	0,6	7,0
Letang	5,3	1,1	3,8	6,4	0,7	6,9
Lepreau	5,6	1,2	3,9	6,8	0,8	7,2
Dipper Harbour West	5,8	1,2	4,1	7,0	0,6	7,6
Saint-Jean	6,3	1,2	4,4	7,5	0,6	8,0

[a] BMM : basse mer moyenne
[b] Les niveaux sont donnés en fonction du zéro des cartes hydrographiques canadiennes.
[c] NNM : niveau moyen de la marée
[d] PMM : pleine mer moyenne
[e] BMMVE : basse mer moyenne de vive eau
[f] PMMVE : pleine mer moyenne de vive eau
[g] Île Campobello
[h] Île Grand Manan
[i] Île Deer

Les méthodes sont le plus souvent simples; ce peut être l'enlèvement à la main des prédateurs, des algues ou des brouteurs sur de grandes régions (Jones, 1948; Southward 1964; Connell, 1961a, b, 1970; Dayton, 1971, 1975); ce peut être des expériences d'inclusion et d'exclusion d'espèces au moyen de cages de toutes les grandeurs fixées au substrat avec des vis en inox (Connell, 1961a, b; Menge, 1976); ce peut être aussi l'emploi de barrières ne retenant que certaines espèces (Dayton, 1971). On dit de ces expériences qu'elles sont élégantes dans leur simplicité, mais elles doivent néanmoins être soigneusement pensées et menées. Peu d'entre elles se prêtent à la recherche à court terme ou aux travaux didactiques car leur exécution demande beaucoup d'attention, beaucoup de travail et des observations réparties sur plusieurs années. Cependant, certaines, notamment l'élimination sélective, se prêtent très bien aux inspections annuelles. Pour plus de détails, le lecteur est prié de consulter les travaux mentionnés plus haut.

La mesure de la production végétale primaire dans les communautés intertidales des côtes rocheuses soulève de graves difficultés. En effet, la production est répartie entre la phase immergée et la phase émergée et, en outre, varie considérablement selon les conditions du milieu. La méthode du dosage de l'oxygène dans les bouteilles éclairées et obscures (Strickland, 1960; Vollenweider, 1969) a son utilité pour étudier la production primaire en phase immergée, comme le sont les méthodes au C^{14} (Pomeroy, 1961; Wetzel, 1964). Il faut prélever les formes encroûtantes avec une partie de leur substrat pour les enfermer dans un contenant. La phase émergée est plus difficile à traiter, mais on peut avoir recours à certaines méthodes employées sur la terre ferme telles celles qui sont décrites par Milner et Hughes (1968), à des estimations de la biomasse (Bellamy *et al.*, 1973) ou à des expériences en laboratoire faisant appel au dosage du CO_2 à l'infrarouge (Anonyme, 1973b).

Mesure du mode

Le mode, c'est-à-dire l'action des vagues, est bien l'un des principaux agents modulant l'étagement intertidal. On voit l'avantage qu'il y aurait à estimer ce paramètre sur le terrain, mais c'est presque impossible en pratique. Différents appareils ont été testés sur les côtes rocheuses, par exemple, le « turbulomètre » de Field (1968), le dynamomètre de Jones et Demetropoulos (1968), le lecteur d'impact des vagues de Harger (1970b), la technique d'érosion du plâtre de Paris de Muus (1968) et l'appareil de mesure de l'éclaboussement de Druehl et Green (1970). Menge (1976) trouva une nouvelle approche en comptant le nombre de cages d'expériences perdues durant les études. Aucune méthode n'est idéale : chacune mesure un aspect différent de l'action des vagues, et elles sont soit coûteuses, soit trop délicates, soit trop peu sensibles. Ce qu'il faut, ce sont des appareils simples et résistants qu'on peut abandonner sur les lieux d'expérience pendant longtemps. Une expérience menée dans la baie de Fundy avec des dynamomètres ne livra aucun résultat utile (Jones et Demetropoulos, 1968).

Les problèmes éprouvés ont amené certains auteurs, dont Ballantine (1961), à proposer le recours à des échelles biologiques d'exposition aux vagues. Celles-ci ont du potentiel, mais elles doivent être modifiées chaque fois pour tenir compte des particularités du biote et des réactions aux vagues observées localement. Dalby *et al.* (1978) ont dressé un tel schéma de modifications applicables à la côte ouest de la Norvège. Dans la région de Quoddy, les paramètres ainsi définis ne seraient pas utilisables dans l'étage médiolittoral, puisque la distribution spécifique y est généralement insensible à l'action des vagues. Par contre, Dalby *et al.* (1978) ont trouvé que la hauteur de la ceinture d'algues microscopiques noires était en bonne corrélation avec l'exposition; cela se vérifie aussi dans la région de Quoddy. Une autre voie mérite d'être explorée : Crothers (1973, 1974, 1975a, b, 1977) a trouvé que le rapport longueur axiale / longueur du bord externe de l'ouverture de la coquille de *Thais lapillus* était en étroite relation avec l'exposition aux vagues dans une grande partie de l'Europe; est-ce que ce critère vaut ici? Si c'est bien le cas, il y aurait moyen d'établir une échelle d'exposition fondée sur ces deux grandes caractéristiques. La figure 7 montre la réaction d'ensemble de la communauté des algues microscopiques noires de la région de Quoddy à l'exposition aux vagues.

Plutôt que d'employer une méthode directe, d'autres chercheurs ont préféré mettre au point une échelle basée sur l'arc d'exposition de la côte par rapport au large et ajustée pour tenir compte du fetch, de la distribution des vents dominants, des tempêtes et de la profondeur (Baardseth, 1970; Grenager et Baardseth, 1965). C'est une échelle qui a sans doute son utilité, mais qui doit être mise en corrélation avec les données observées sur le mode.

Description de zones d'étude

Introduction

Comme nous l'avons expliqué dans l'introduction, à peu près la moitié du rivage de la région de Quoddy est de nature rocheuse; il y a donc place à beaucoup d'études. Cependant, nombre des emplacements ne sont pas d'accès facile, soit qu'il n'y ait pas de routes, soit qu'il s'agisse d'îles. En outre, les études portant sur les communautés des rivages rocheux offrent les meilleures garanties de succès sur les rivages en pente relativement constante, avec substrat rocheux continu de l'étage supralittoral à la frange infralittorale (fig. 4) et sans pollution domestique ou industrielle. Les emplacements décrits ci-dessous répondent à ces conditions et ont livré des résultats intéressants. Les coordonnées en sont indiquées à la figure 10.

Région de la pointe Holey

Il n'y a pas d'accès par la route à la pointe Holey, mais on est vite arrivé en longeant le rivage au nord de l'aquarium du Laboratoire maritime Huntsman. La configuration des lieux et l'emplacement des zones d'étude intéressantes sont indiqués à la figure 11. Les intéressés doivent savoir que le terrain situé au-dessus de la laisse de pleine mer est privé; à moins d'avoir été expressément autorisés à y pénétrer, les chercheurs devraient se cantonner à la zone intertidale.

La région de la pointe Holey est illustrée à la figure 11. Comme on le voit à la figure 10, elle est située dans l'estuaire de la St. Croix, et est bien abritée. La nature de la roche passe du grès au limon, et la roche est très friable au niveau de la pleine mer et généralement dure plus bas. Un long pan de côte se prête aux études (fig. 11), mais il faut éviter les plaques sédimentaires, particulièrement près du niveau de la basse mer moyenne.

Il y a généralement moins d'espèces qu'ailleurs (tableau 5). La frange supralittorale est particulièrement pauvre à cause de la roche friable. Mais il s'agit, néanmoins, d'un emplacement commode, typique et assez bien abrité.

Les études sur l'étagement donnent aussi de bons résultats sur le récif de l'anse Brandy, qui est un peu plus abritée que la pointe Holey (fig. 11); cependant, il n'est pas question d'y prélever de spécimens.

Les figures 12 et 13 montrent l'étagement des espèces végétales et animales courantes de la pointe Holey, établi en calculant la moyenne sur 17 transects. Les figures 14 et 15 donnent l'équivalent pour les rochers de l'anse Brandy (avec un seul recensement). On y trouve aussi le profil général de la côte en ces emplacements (avec un rapport vertical / horizontal d'échelle de 5 à 1, ce qui a pour effet d'exagérer la pente).

Pointe Joes

La figure 16 montre l'accès et la configuration d'ensemble du rivage à la pointe Joes. Comme on le voit à la figure 10, c'est un emplacement un peu plus exposé que celui de la pointe Holey puisqu'il est situé à l'extrémité est de l'embouchure de l'estuaire de la St. Croix. Il s'agit d'une zone qui n'est pas idéale pour les études d'étagement et autres études en secteur intertidal rocheux puisque l'habitat y est restreint à une série de récifs coupant le littoral, souvent en biais. Quelques endroits sont cependant utilisables. La roche, dure, est de nature sédimentaire.

Le tableau 5 et les figures 17 et 18 présentent la composition spécifique, des données sur la diversité et l'étagement de la faune et de la flore les plus courantes, respectivement. Les données ont été recueillies au cours de 8 levés.

Cap Oven (île Oven Head)

Cet emplacement, situé tout au fond de la baie Passamaquoddy, est orienté en direction du sud, vers le centre de la baie. Il s'agit de l'une des côtes accessibles parmi les mieux abritées, mis à part les estuaires des tributaires. On s'y rend par un chemin de terre partant de la route principale qui relie St. Stephen et Saint-Jean (route 1), près de Digdeguash (fig. 19). Cependant, le chemin est parfois raviné par les pluies. Il faut être prudent en véhicule et, à certaines saisons, il faut effectuer la dernière partie à pied.

Oven Head était autrefois une île séparée de la terre ferme par une barre de sable découverte à mi-marée. Des travaux de remblai ont permis d'y établir un passage permanent qui sépare deux petites baies cerclées de rivages sableux et en pente douce. Du côté extérieur du cap, sur la face sud, le rivage est rocheux et en pente douce entre le niveau de basse mer et le niveau de pleine mer. La figure 20 montre le profil caractéristique obtenu le long d'un transect disposé au droit du rivage, avec l'étalement vertical des principales espèces végétales et animales.

Pointe Woodstock

La pointe Woodstock (ainsi baptisée par nous) constitue un emplacement assez exposé, d'accès facile et comportant une excellente zone intertidale. La route qui y conduit rejoint la route de Letete, 0,5 km après le terminus du traversier pour l'île Deer. La pointe Woodstock est située dans le passage Letite (fig. 10), près de l'embouchure de la baie Passamaquoddy. La roche est dure et ignée; elle résiste à l'altération.

La figure 21 décrit en détail les différents habitats du secteur. Il y a des plages rocheuses de différentes pentes et d'aspects divers, ce qui permet l'étude comparative de l'étagement et de la structure des communautés. La pointe permet aussi des études de la petite lagune et de la plage sableuse.

Le tableau 5 fournit le détail des nombreuses espèces faciles à observer. La diversité est plus grande qu'à la pointe Joes ou à la pointe Holey.

Le profil généralement régulier de la plage et l'étagement typique des algues et de la faune communes apparaissent aux figures 22 et 23.

Letete

Letete, aussi connue sous le nom de Letite, de la pointe Mascabin et de la pointe Greens, est depuis longtemps l'emplacement de prédilection pour les études dans la zone intertidale de la région. On y a vite accès en toute saison en suivant le prolongement de la route menant au terminus du traversier pour l'île Deer. Comme on le voit à la figure 24, la zone intertidale est de caractère varié et abrite plusieurs habitats en plus de la zone intertidale rocheuse. Il se forme dans la roche de belles cuvettes à tous les niveaux de la marée, et on y trouve en outre des plages de sable et de roches fragmentées. En beaucoup d'endroits, la zone intertidale rocheuse présente des emplacements superbes pour les études sur l'étagement, avec des pentes relativement constantes. En outre, on y trouve tous les genres d'expositions, depuis le mode pratiquement le plus battu du secteur continental jusqu'à des zones en mode assez calme (fig. 24). En suivant plusieurs transects, il est possible de mettre en valeur l'action des vagues sur le biote littoral.

Le tableau 5 donne la liste des nombreux biotes couramment trouvés qu'on peut étudier; les figures 25 et 26 montrent l'étagement des espèces de la faune et de la flore les plus communes, respectivement (moyenne de 27 transects). Comme nous l'avons fait pour les autres profils, l'échelle verticale est agrandie par un facteur de 5; la pente est en réalité beaucoup plus atténuée que celle du dessin. Il demeure que le terrain est accidenté et qu'il faut faire attention. Il est absolument hors de question de mener à partir de la terre ferme des levés de l'îlot relié à la pointe à la basse mer, car celui-ci est vite séparé de la côte par un chenal aux courants de marée très puissants.

TABLEAU 5. Espèces courantes et intéressantes de cinq zones principales d'études.

Espèces	Pointe Holey	Pointe Joes	Pointe Woodstock	Pointe Letite	Pointe Pea
Chlorophycées					
Spongomorpha arcta	X	X	X	X	X
Cladophora sp.	X	X	X	X	
Enteromorpha sp.	X	X		X	
Monostroma sp.	X	X	X	X	
Ulothrix sp.	X	X	X	X	
Ulva sp.	X	X	X	X	X
Phéophycées					
Alaria esculenta				X	X
Ascophyllum nodosum	X	X	X	X	X
Ectocarpus sp.	X	X	X	X	
Fucus edentatus	X		X	X	X
F. evanescens	X	X	X	X	
F. spiralis	X	X	X	X	X
F. vesiculosus	X	X	X	X	X
Laminaria sp.			X	X	X
Pylaiella littoralis	X	X	X	X	
Scytosiphon lomentaria	X	X	X	X	
Rhodophycées				X	
Chondrus crispus	X	X	X	X	X
Dumontia incrassata	X	X	X	X	
Gigartina stellata	X	X	X	X	X
Halosaccion ramentaceum	X	X	X	X	X
Hildenbrandia prototyphus	X	X	X	X	X
Lithothamnium sp.	X	X	X	X	X
Palmaria palmata	X	X	X	X	X
Polysiphonia lanosa	X	X	X	X	X
Porphyra sp.	X	X	X	X	X
Rhodochorton purpureum			X	X	X
Lichens					
Caloplaca elegans			X	X	X
Parmelia saxatilis	X	X	X	X	X
Verucaria maura	X	X	X	X	X
V. mucosa	X	X	X	X	X
Xanthoria parietina	X	X	X	X	X
Tapis noir d'algues microscopiques	X	X	X	X	X
Plantes vasculaires					
Deschampsia flexuosa	X	X	X	X	
Plantago maritima		X	X	X	
Porifères					
Halichondria panicea			X	X	X
Coelentérés					
Diadumene leucolena	X		X	X	X
Sertularia pumilla	X	X	X	X	X
Bryozoaires					
Flustrellidra hispida	X	X	X	X	X
Annélides					
Potamilla neglecta	X	X	X	X	X
Mollusques-gastropodes					
Acmaea testudinalis	X	X	X	X	X
Buccinum undatum	X			X	X
Littorina littorea	X	X	X	X	X
L. obtusata	X	X	X	X	X
L. saxatilis	X	X	X	X	X
Thais lapillus	X	X	X	X	X

TABLEAU 5. (suite)

Espèces	Pointe Holey	Pointe Joes	Pointe Woodstock	Pointe Letite	Pointe Pea
Mollusques pélécypodes					
Modiolus modiolus	X	X		X	X
Mytilus edulis	X	X	X	X	X
Arthropodes crustacés					
Balanus balanoides	X	X	X	X	X
B. crenatus		X		X	
Gammarus oceanicus	X	X	X	X	X
Echinodermes					
Asterias forbesi			X	X	X
A. vulgaris	X	X		X	X
Cucumaria frondosa	X			X	X
Strongylocentrotus droebachiensus	X	X		X	X

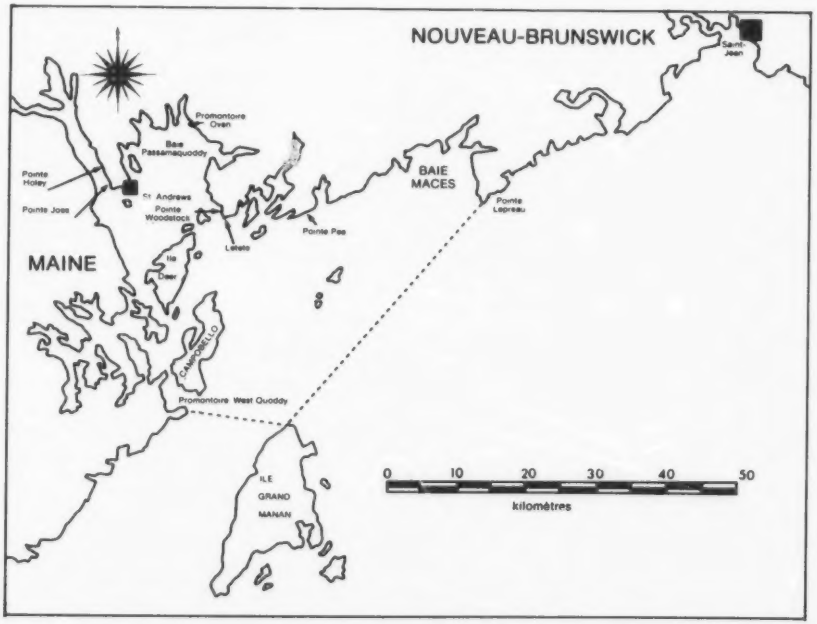


FIG. 10. Zones d'étude décrites dans le texte.

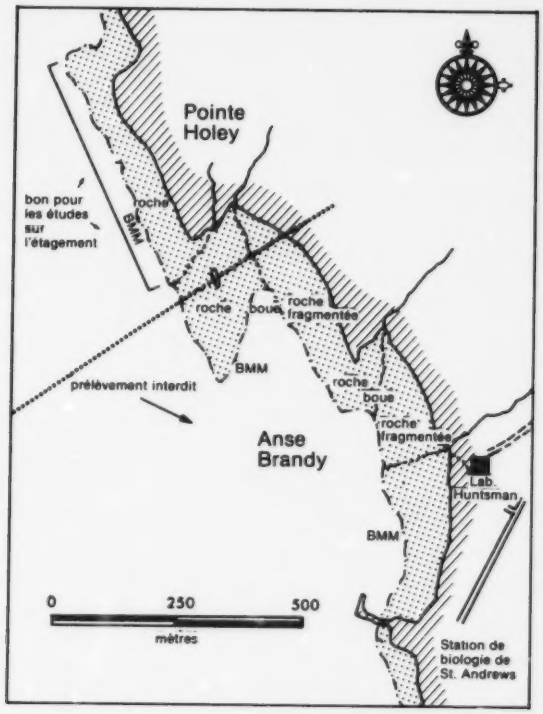


FIG. 11. Région de la pointe Holey, avec les accès et les zones d'étude. BMM = basse mer moyenne.

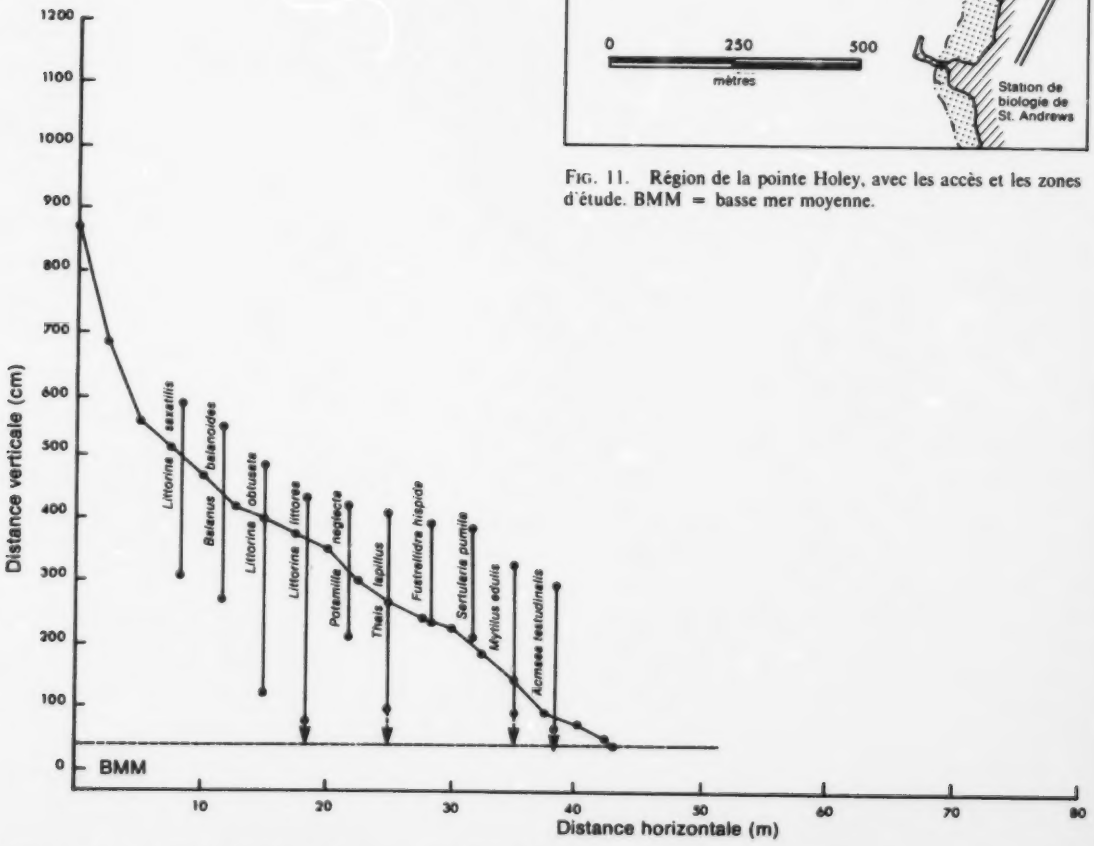


FIG. 12. Profil d'ensemble du rivage et étagement de la faune la plus courante à la pointe Holey. BMM = basse mer moyenne.

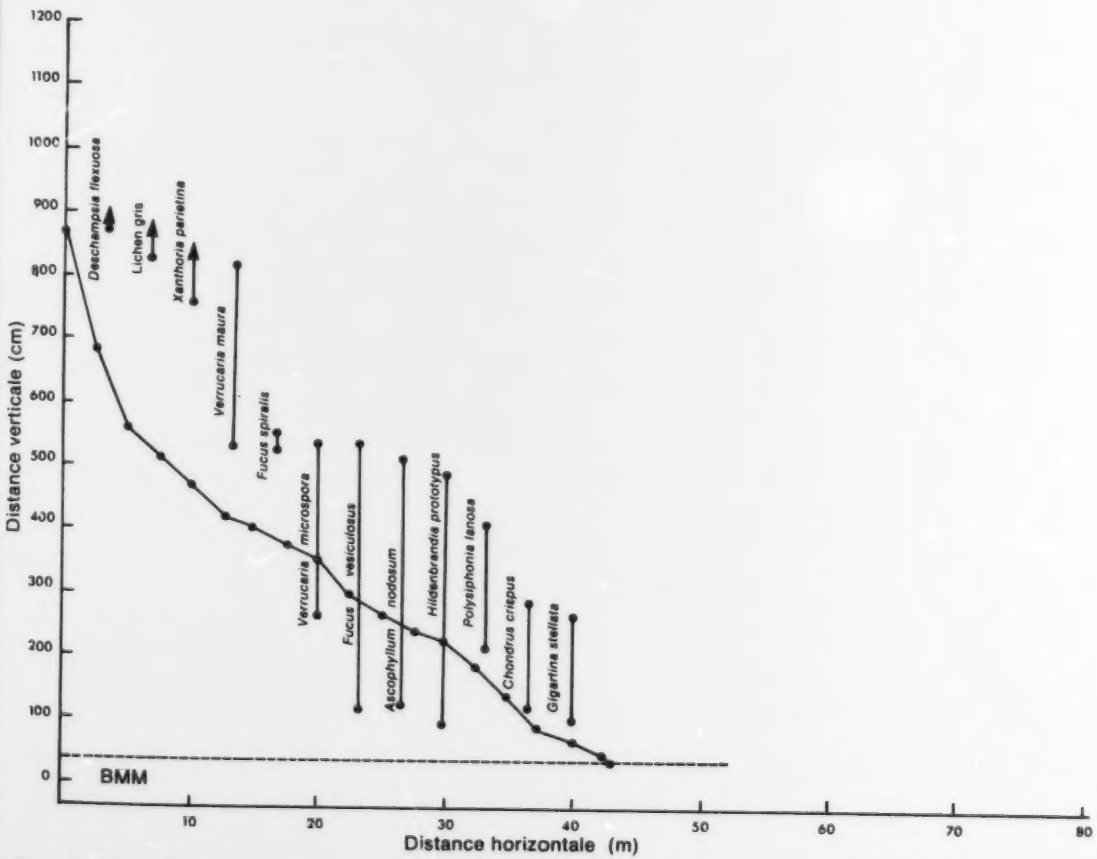


FIG. 13. Profil d'ensemble du rivage et étagement de la flore la plus courante à la pointe Holey. BMM = basse mer moyenne.

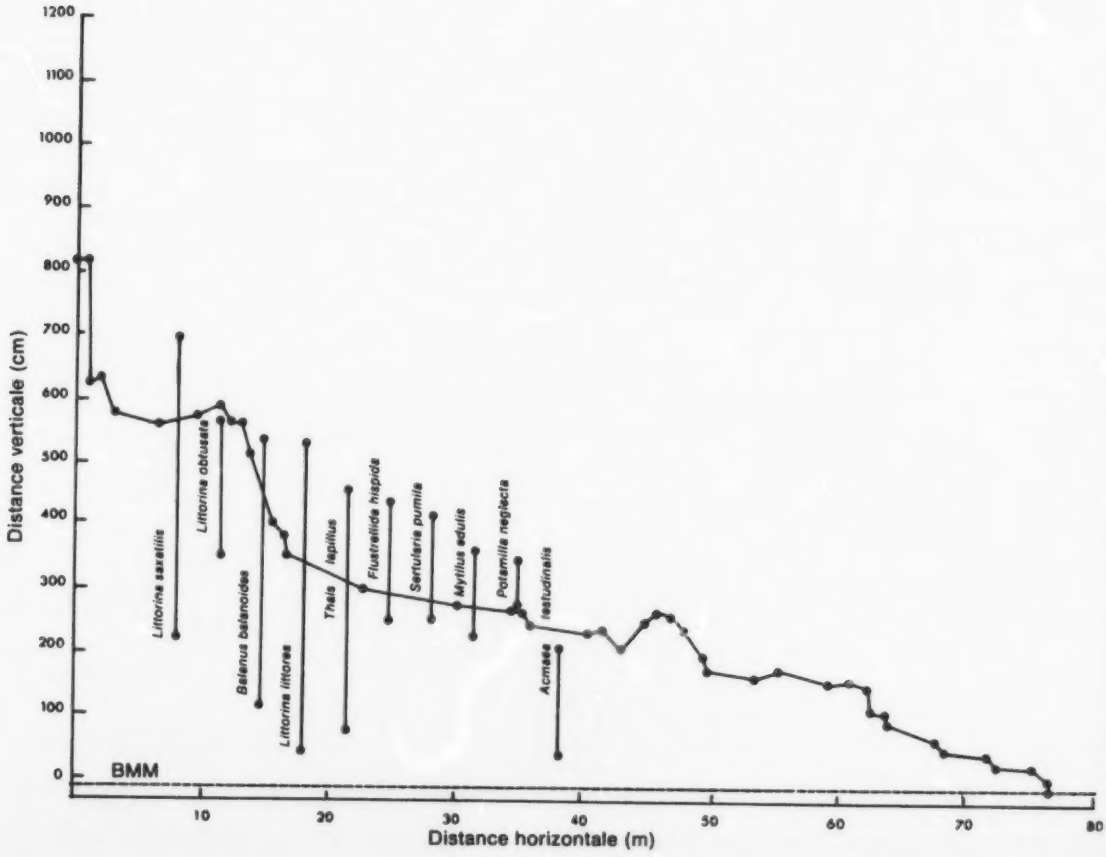


FIG. 14. Profil d'ensemble du rivage et étagement de la faune la plus courante dans l'anse Brandy. BMM = basse mer moyenne.

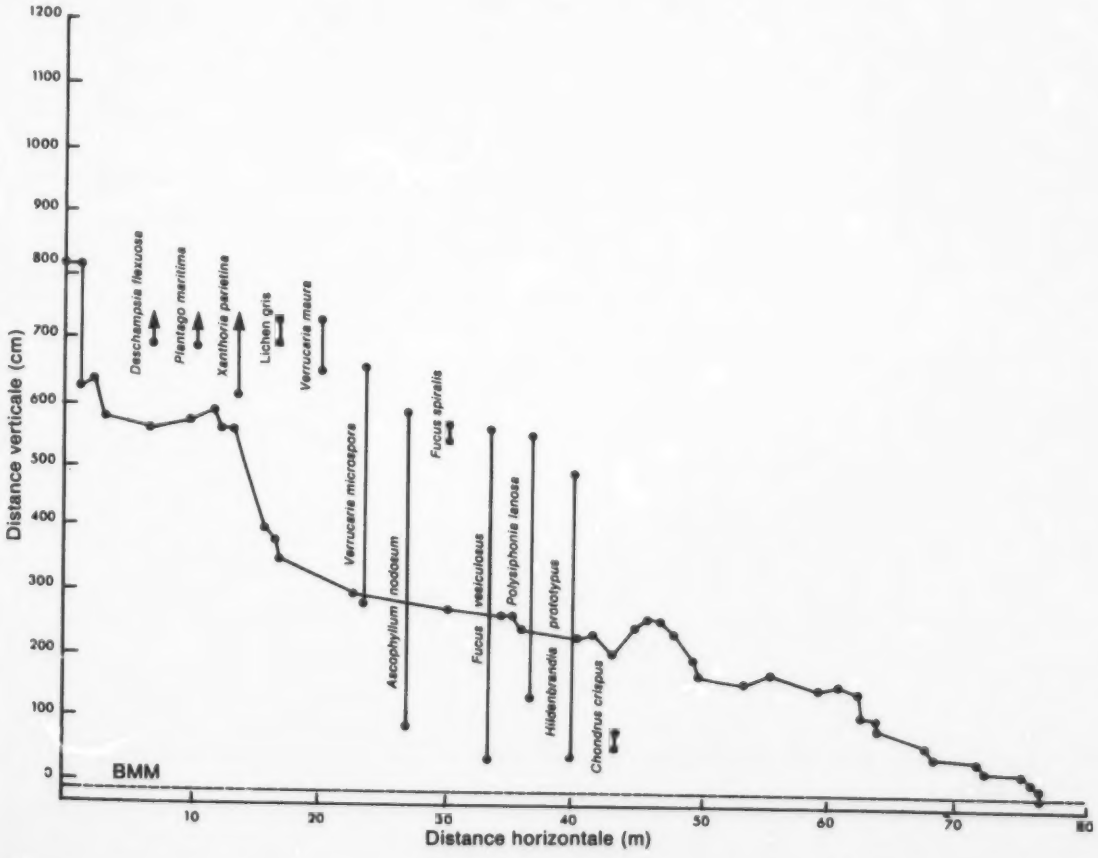
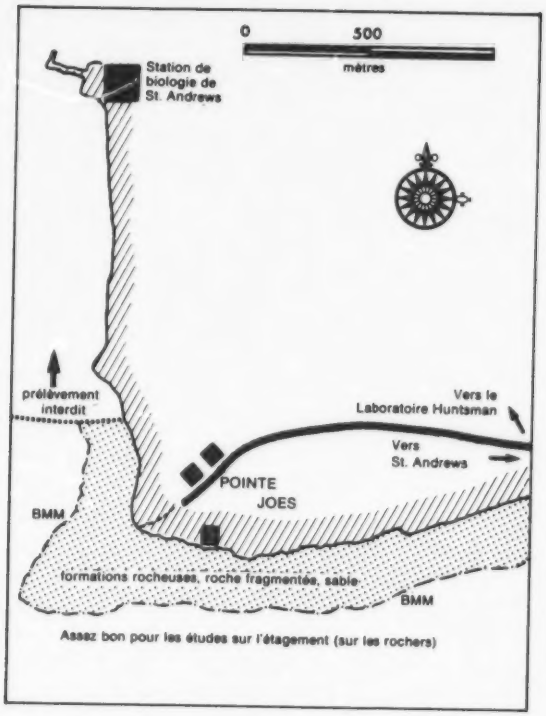


FIG. 15. Profil d'ensemble du rivage et étagement de la flore la plus courante dans l'anse Brandy. BMM = basse mer moyenne.

FIG. 16. Région de la pointe Joes, avec les accès et les zones d'étude. BMM = basse mer moyenne.



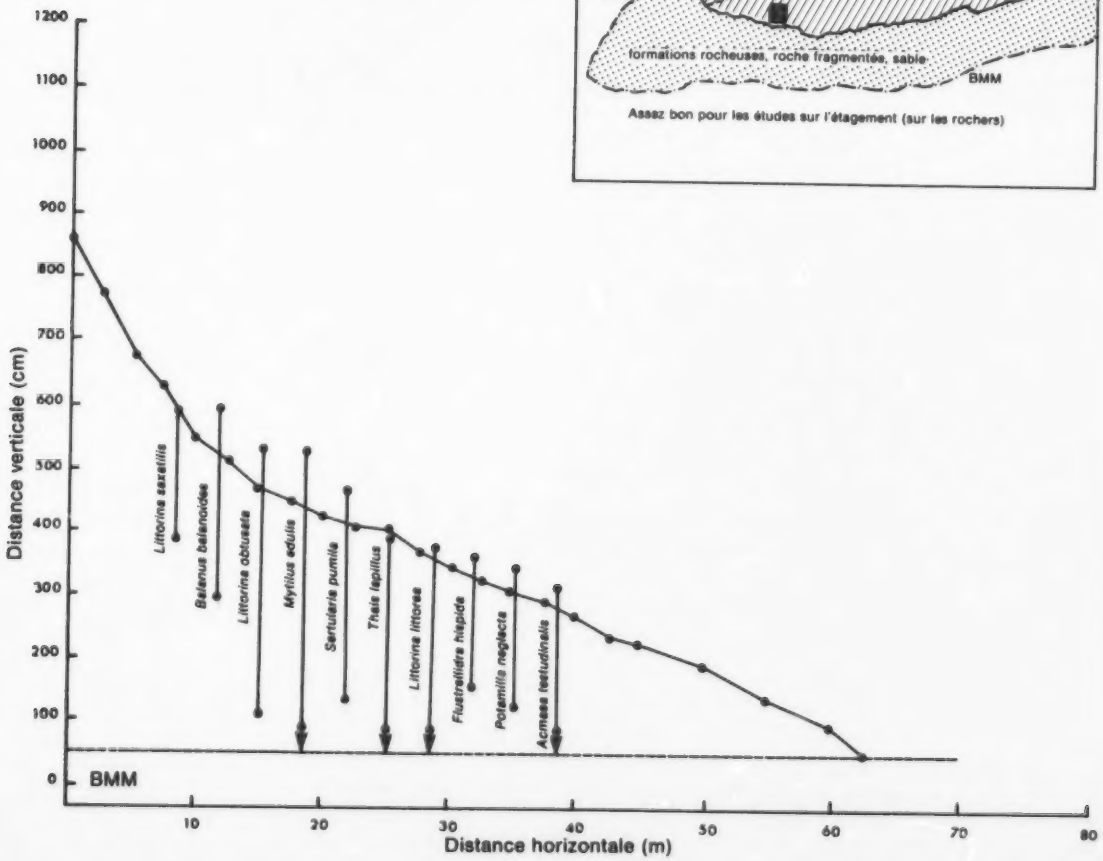


FIG. 17. Profil d'ensemble du rivage et étagement de la faune la plus courante à la pointe Joes. BMM = basse mer moyenne.

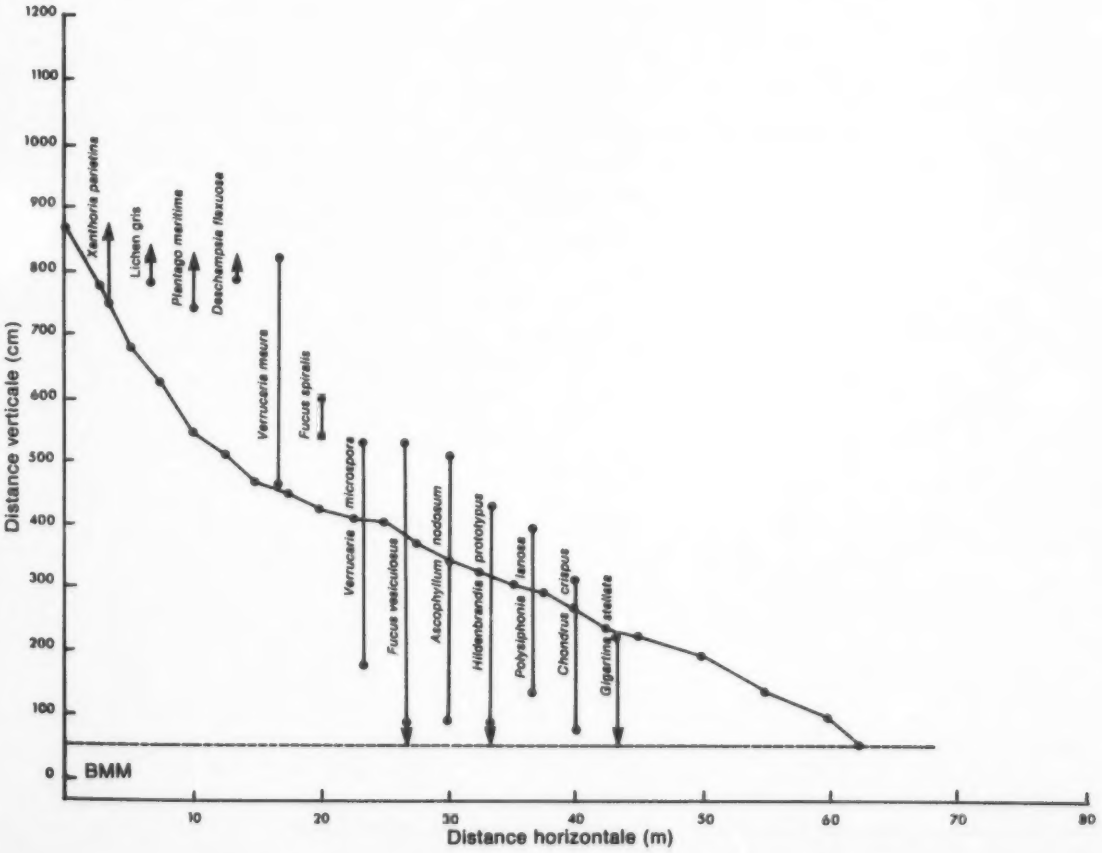


FIG. 18. Profil d'ensemble du rivage et étagement de la flore la plus courante à la pointe Joes. BMM = basse mer moyenne.

FIG. 19. Région du promontoire Oven, montrant les accès et les zones d'étude.

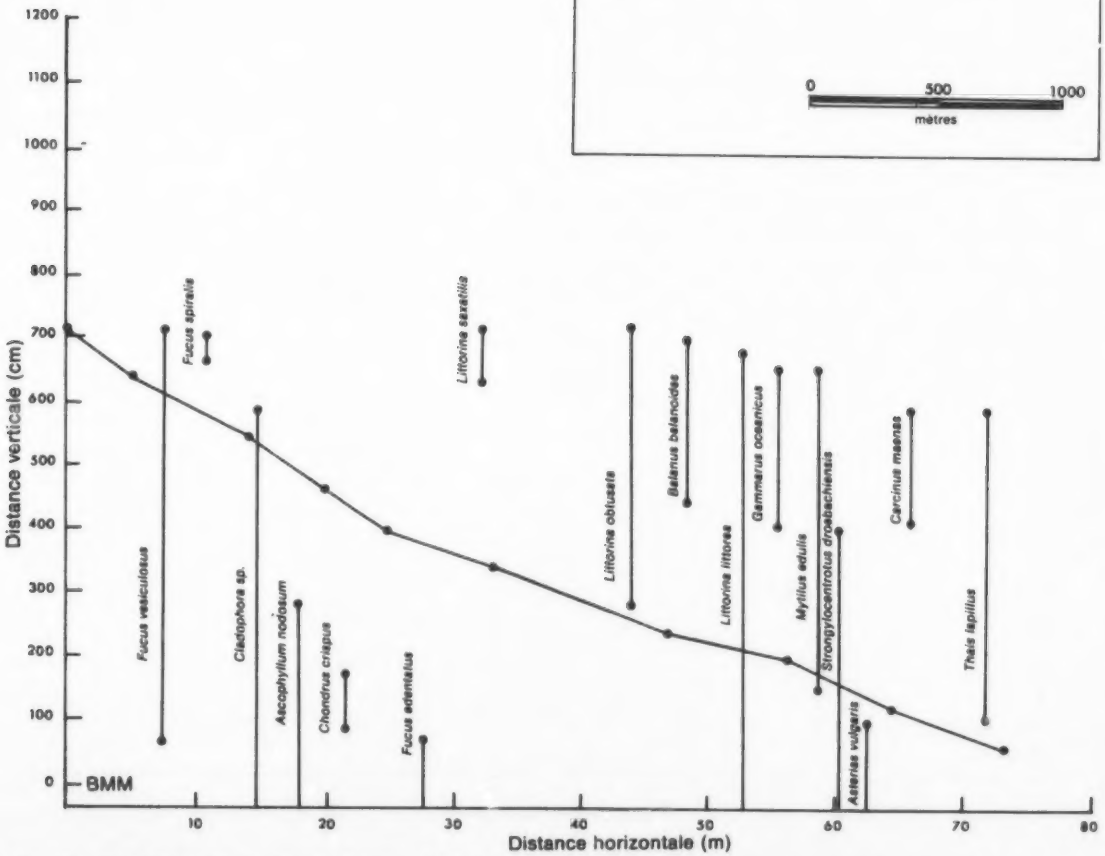
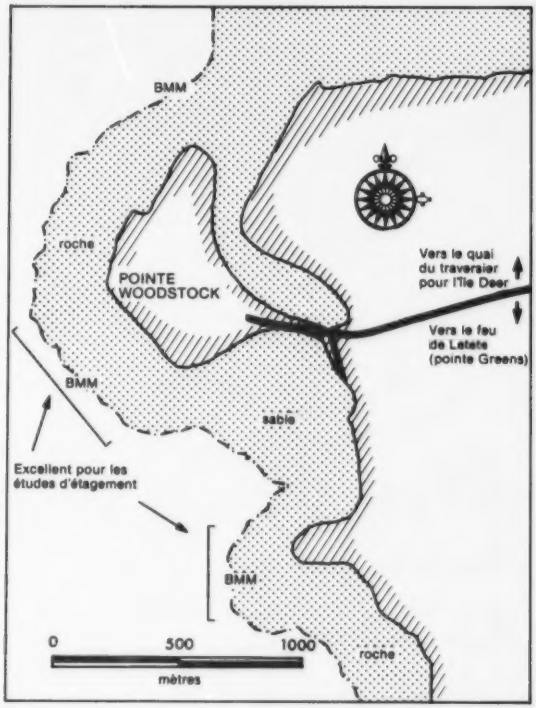


FIG. 20. Profil d'ensemble du rivage et étagement de la faune et de la flore les plus courantes au promontoire Oven. BMM = basse mer moyenne.

FIG. 21. Région de la pointe Woodstock, avec les accès et les zones d'étude. BMM = basse mer moyenne.



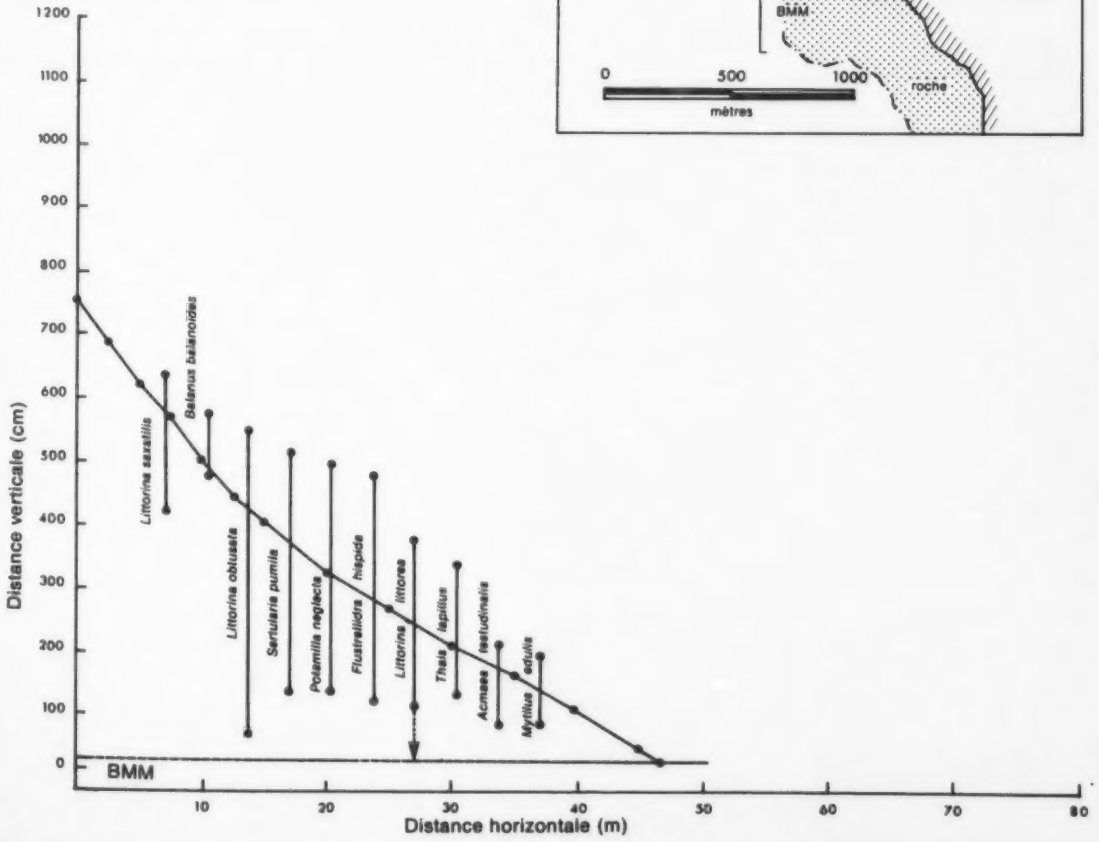


FIG. 22. Profil d'ensemble du rivage et étagement de la faune la plus courante à la pointe Woodstock. BMM = basse mer moyenne.

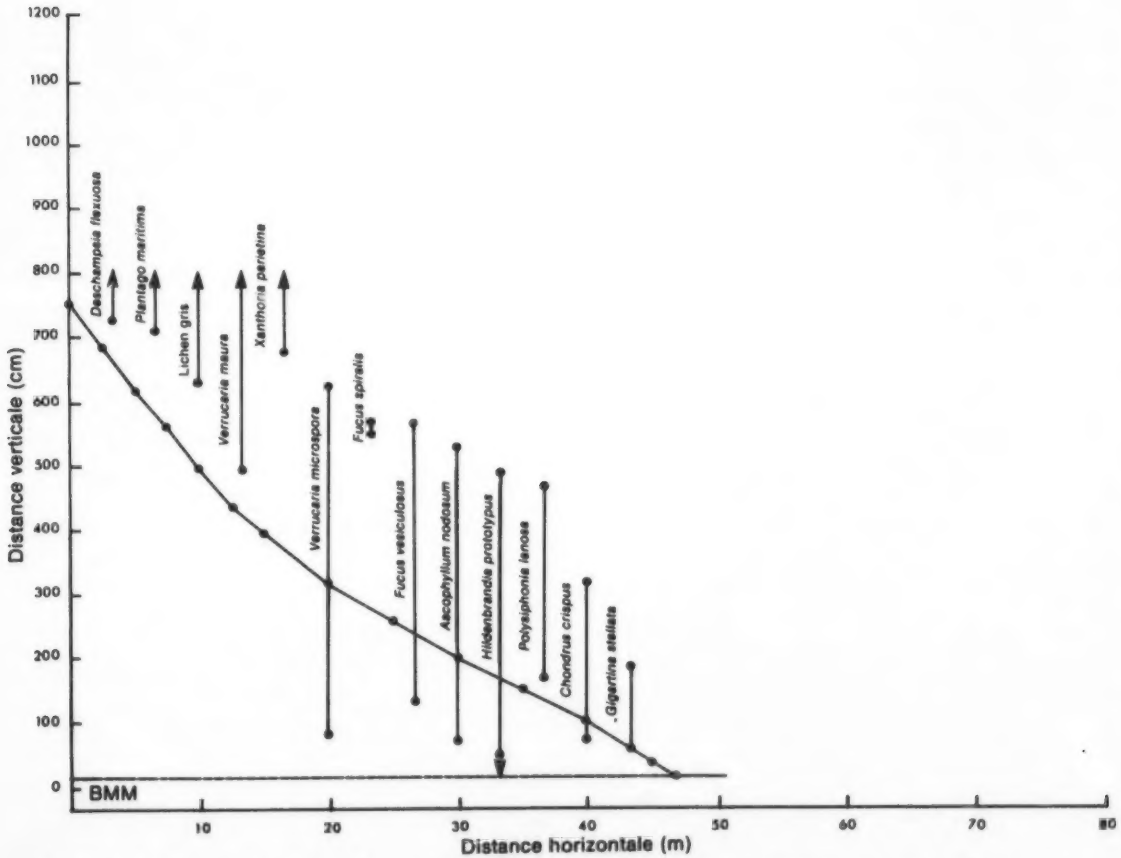
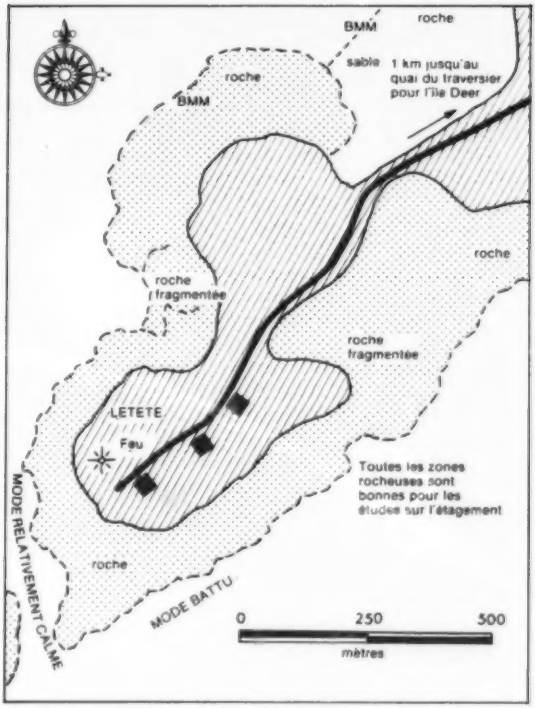


FIG. 23. Profil d'ensemble du rivage et étagement de la flore la plus courante à la pointe Woodstock. BMM = basse mer moyenne.

FIG. 24. Région de Letete, avec les accès et les zones d'étude. BMM = basse mer moyenne.



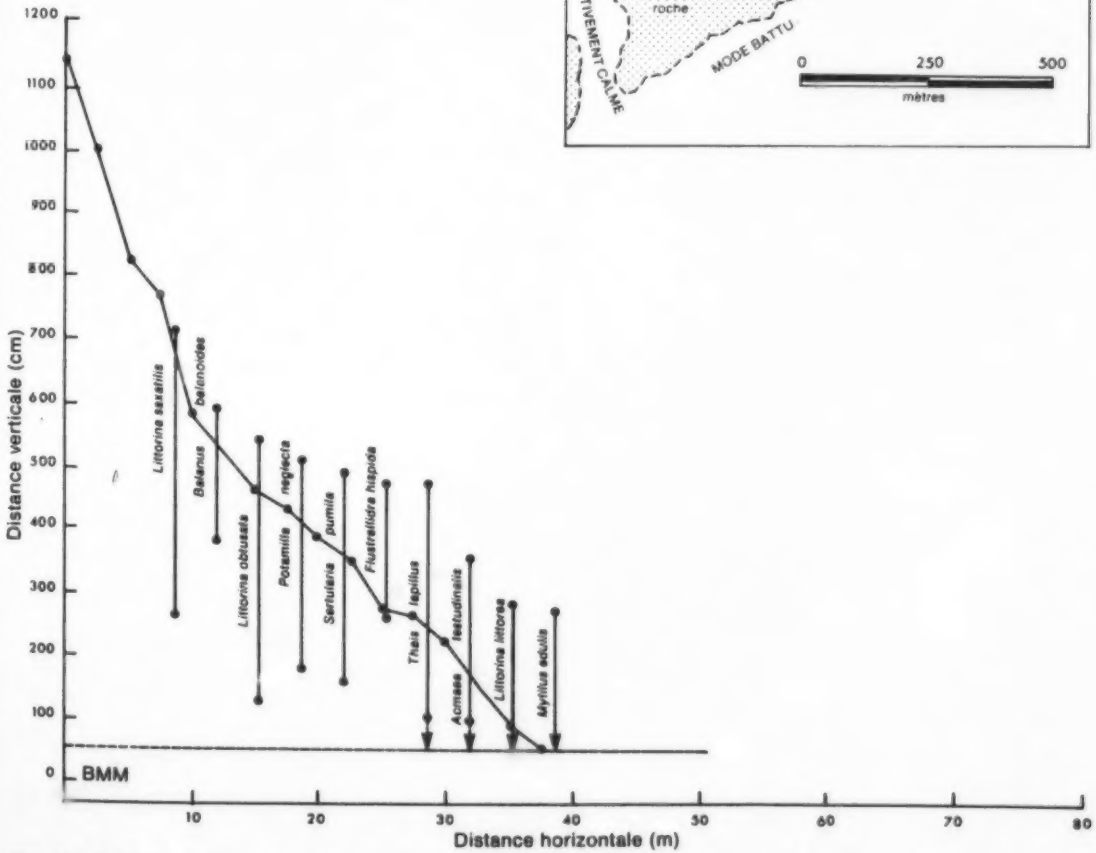


FIG. 25. Profil d'ensemble du rivage et étagement de la faune la plus courante à Letete. BMM = basse mer moyenne.

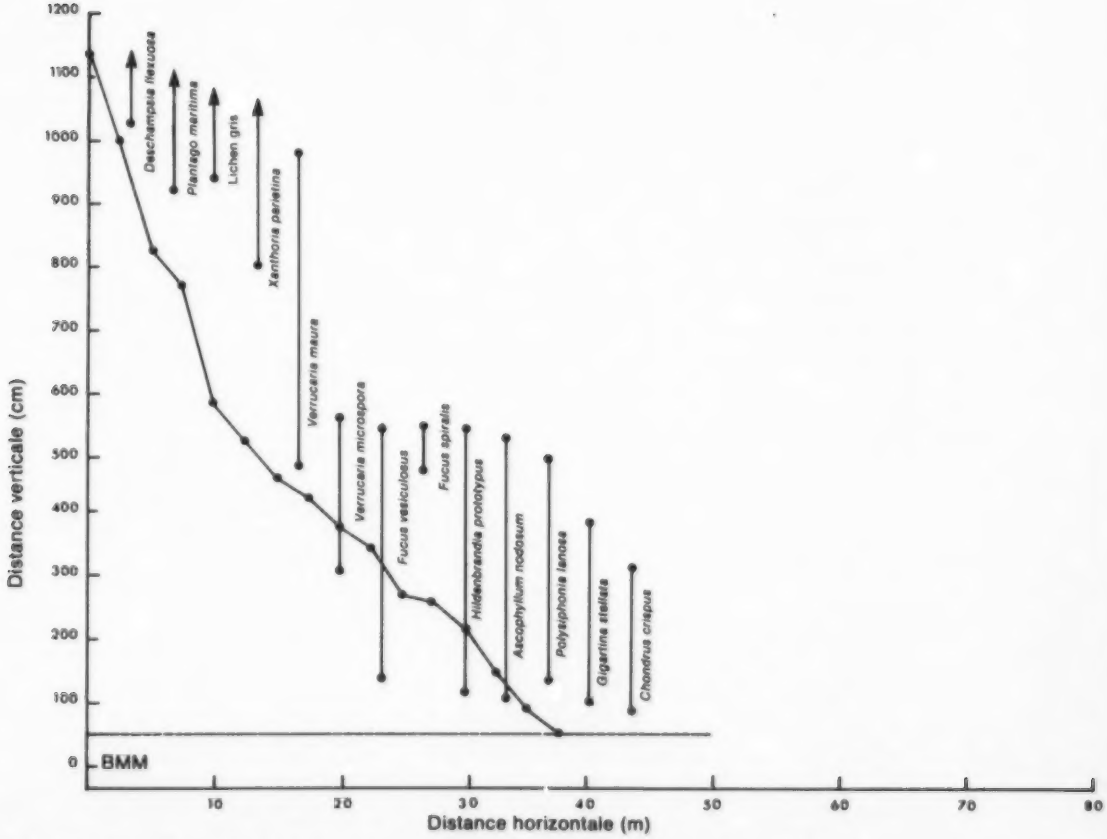


FIG. 26. Profil d'ensemble du rivage et étagement de la flore la plus courante à Letete. BMM = basse mer moyenne.

Pointe Pea

La pointe Pea constitue l'un des emplacements les plus exposés de la région. Elle se trouve à l'extérieur de la baie Passamaquoddy, proche de Blacks Harbour, et elle est tournée vers l'entrée de la baie de Fundy au sud (fig. 27). On s'y rend par un étroit chemin de terre raviné qui part de la route pavée conduisant à Blacks Harbour et qui dessert le phare de l'île Pea Point. Il y a peu de place pour stationner ou pour manoeuvrer.

Le rivage est très accidenté, et la prudence est de rigueur, spécialement sur la face orientée vers le large de l'île Pea Point, qui est formée de crêtes acérées qui plongent dans la mer. Le chenal séparant l'île de la terre ferme est étroit et il est exondé à la mi-marée. Sa partie nord, abritée, débouche sur un secteur de pierres qui sont à fleur d'eau durant la basse mer et sur une petite plage de sable. Sa partie sud, exposée, s'ouvrait anciennement sur un petit banc de *Laminaria* qui a été ravagé par l'oursin *Strongylocentrotus droebachiensis* et qui ne s'est pas régénéré (Arnold, 1976).

Contrairement à Letete, le rivage n'a pas de pente constante : il est parfois formé de petites falaises, parfois de bancs de roche. Sur une faible superficie, il abrite une bonne variété de configurations médiolittorales, notamment des zones dominées par *Balanus balanoides*, par des fucoïdes et par *Mytilus*. La frange supralittorale contient des lichens en abondance, et la frange infralittorale est également riche d'animaux et de plantes, mais comme elle est en pente raide, elle est tout à fait étroite et exige des chercheurs beaucoup de prudence. Personne ne devrait travailler seul sur un rivage semblable.

À cause de la nature variée du rivage, les études, menées en bonne partie par des étudiants de premier cycle, prennent un caractère différent; elles sont encore incomplètes. Les figures 28 et 29 montrent la répartition verticale de la faune et de la flore dans la partie la plus exposée du rivage. Arnold (1977) fournit une analyse détaillée de la région et notamment les résultats d'une étude menée par des étudiants à qui on avait laissé beaucoup d'initiative.

Vue d'ensemble

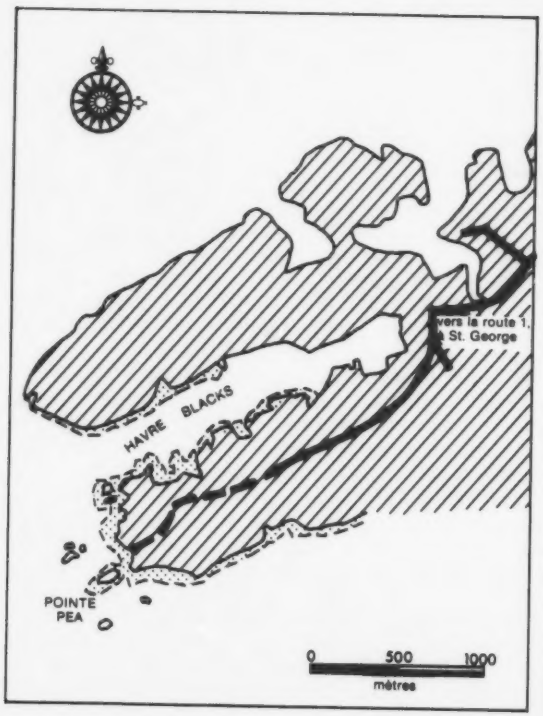
Nous avons étudié les aspects généraux, et assez caractéristiques, de l'étagement intertidal dans la région de Quoddy; la figure 7 indique schématiquement quelles espèces prédominent généralement dans les différentes zones intertidales. Sur la même figure, la mention « mode battu » correspond à Letete et la mention « mode calme » à la pointe Holey. La pointe Joes et la pointe Woodstock occupent une position intermédiaire. On s'attend à ce que l'étude de certaines des îles de la région fournisse des exemples de mode encore plus battu; il est certain, aussi, qu'on peut trouver des zones plus abritées dans la région du havre Digdeguash (fig. 2).

Le tableau 6 donne une vue d'ensemble de l'étagement des espèces en fonction du niveau de la marée. Il existe une zone à très faible diversité spécifique dans la partie inférieure de l'étage supralittoral. La diversité s'accroît au-dessus et au-dessous de cette zone de stabilité écologique minimale. Du côté de la mer, la diversité maximale est obtenue dans la partie inférieure de l'étage médiolittoral; elle diminue quelque peu dans la frange infralittorale avant d'augmenter dans l'étage infratidal (Logan *et al.*, chap. 8). Les secteurs progressivement appauvris ou pauvres en espèces manifestent l'instabilité du milieu et l'action de tous les facteurs combinés qui agissent sur l'étagement. La diversité réduite au niveau de la basse mer témoigne probablement de l'action marquée des vagues quand la mer se remet à monter. Cette différence est apparente non seulement en termes de diversité, mais aussi par le relèvement de la limite supérieure des espèces établies dans la frange, notamment *Acrosiphonia arcta*, *Gigartina stellata*, certains échinodermes et le buccin commun *Buccinum undatum*.

Tableau 6. Diversité spécifique à l'intérieur des biotes courants pour chaque tranche de 10 % du marnage moyen dans la région de Quoddy.

% du marnage	Zone	Nombre d'espèces
190–200	Étage supralittoral	8
180–190		5
170–180		3
160–170		3
150–160		6
140–150		6
130–140		7
120–130		7
110–120		7
100–110	Frange supralittorale	13
90–100	Étage médiolittoral	17
80–90		21
70–80		23
60–70		34
50–60		43
40–50		47
30–40		48
20–30		41
10–20		40
0–10		39
-10–0		42

FIG. 27. Région de la pointe Pea, avec les accès et les zones d'étude.



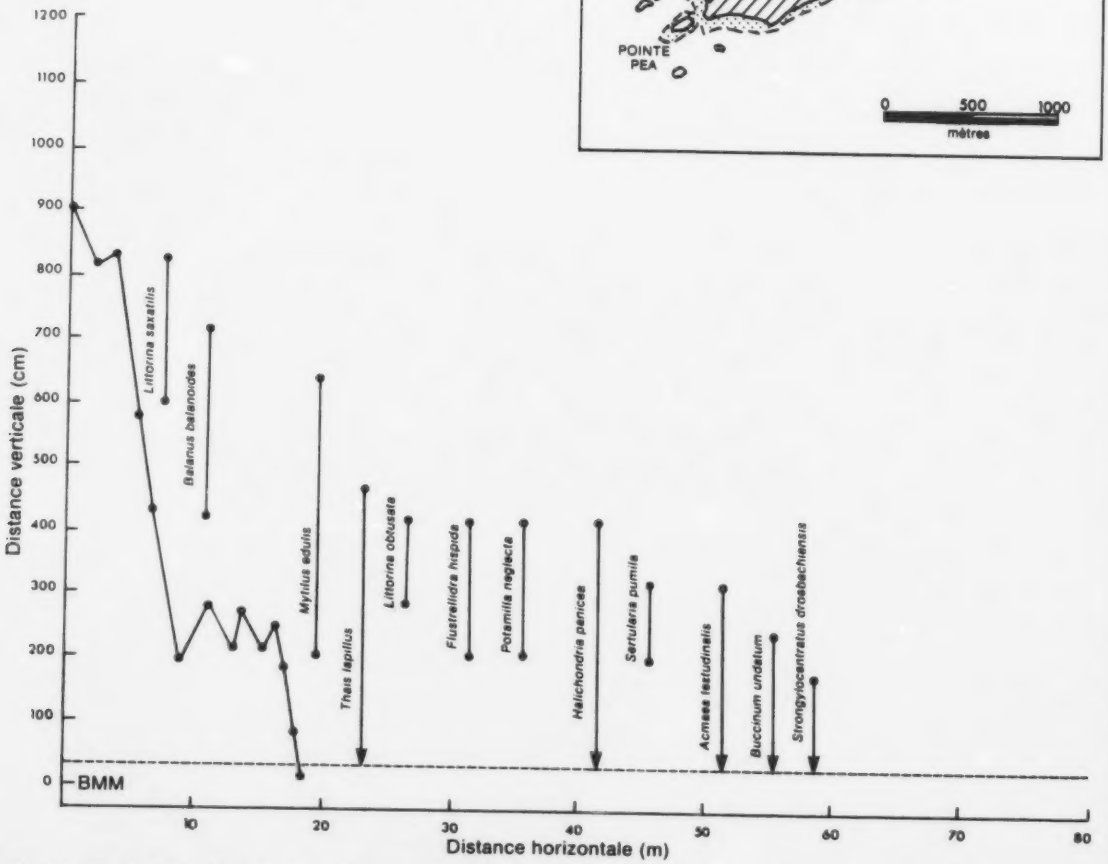


FIG. 28. Profil d'ensemble du rivage et étagement de la faune la plus courante à la pointe Pea. BMM = basse mer moyenne.

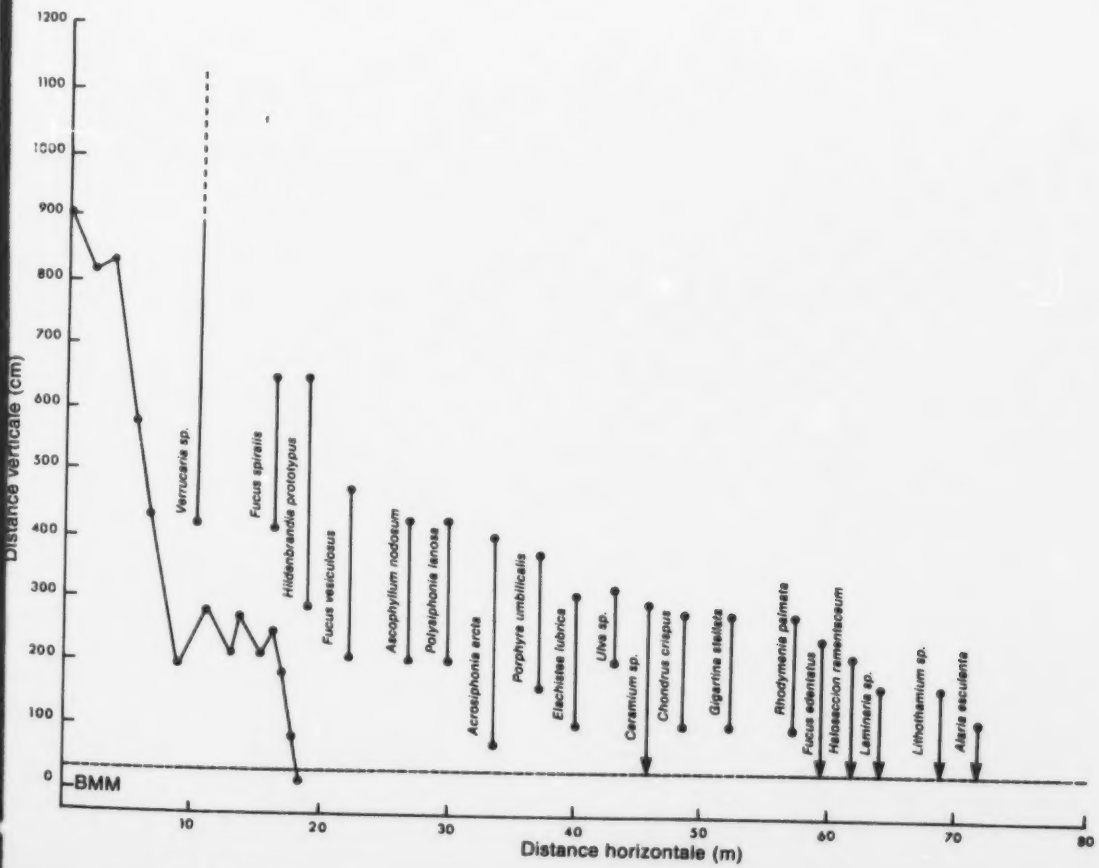


FIG. 29. Profil d'ensemble du rivage et étagement de la flore la plus courante à la pointe Pea. BMM = basse mer moyenne.

Remerciements

Nous tenons à remercier les nombreux étudiants qui ont ajouté à nos connaissances sur les côtes de la région de Quoddy grâce à leur participation aux travaux sur le terrain. Nous voulons remercier également Mad. Carol Bagnall qui a méticuleusement étudié de nombreux transects et qui a colligé des données de première importance. Nous tenons à remercier également M^lle^ Winnifred Shaw qui a d'abord participé aux travaux alors qu'elle préparait un baccalauréat avec spécialisation à l'Université Mount Allison et qui a poursuivi alors qu'elle était en maîtrise à l'Université du Nouveau-Brunswick, à Saint-Jean, et qui nous a aidés de toutes sortes de façons. Nous voulons manifester notre reconnaissance à M^me^ Ronalda Higgins qui a vérifié, colligé et analysé avec grand soin les relevés sur le terrain et préparé les figures et les tableaux. Les travaux ont été financés en partie au moyen d'une subvention (A6389) du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie et en partie au moyen d'une bourse de recherche de l'Université du Nouveau-Brunswick (11-45) décernée à M.L.H. Thomas.

Références

Abbott, R.T. 1974. American seashells. 2^e^ éd. Van Nos Reinhold Co., New York, NY. 633 p.

Anon. 1959. Report of the International Passamaquoddy Fisheries Board to the International Joint Commission. Oct. 1959. Ottawa (Ont.) et Washington, DC. 20 vol.

1973a. An appraisal of the environmental consequences of the developments proposed for Lorneville, New Brunswick. Environnement Canada et le ministère des Pêcheries et de l'Environnement du Nouveau-Brunswick. Ottawa (Ont). et Fredericton (N.-B.). 2 vol.

1973b. A guide to the measurement of marine primary production under some special conditions. Monogr. Oceanogr. Methodol. 3. 73 p.

1974. Summary of physical, biological, socio-economic and other factors relevant to potential oil spills in the Passamaquoddy Region of the Bay of Fundy, Canada. Fish. Res. Board Can. Tech. Rep. 428 : 229 p.

1976. Environmental assessment for the proposed Point Lepreau Generating Station. Nov. 1976. Rapport à la N.B. Electric Power Commission par McLaren Atlantic Ltd. Fredericton (N.-B.).

1977a. Fundy tidal power and the environment, proceedings of a workshop on the environmental implications of Fundy tidal power, Wolfville, N.S., Nov. 1976. The Acadia Institution, Wolfville (N.-É.). 28 : 304 p.

1977b. Reassessment of Fundy tidal power. Rapports de la Bay of Fundy Tidal Power Review Board Management Committee. Nov. 1977. Ottawa (Ont.), Fredericton (N.-B.) et Halifax (N.-É.). 516 p.

1979a. (Réédité annuellement). Tables des marées et courants du Canada. Vol. 1. Côte de l'Atlantique et baie de Fundy. Ministère des Pêches et de l'Environnement, Ottawa (Ont.). 57 p.

1979b. (Réédité annuellement). Admiralty tide tables. The Hydrographer of the Navy, Taunton, Somerset, R.-U.

Arnold, D.C. 1976. Local denudation of the infralittoral fringe by the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis* (O.F. Müller). Can. Field-Nat. 90 : 186–187.

1977. Aspects of hydrography and standing crop on some Fundy shores. Chignecto Research Group, Internal Note No. 2 : 25 p. (On peut se procurer des exemplaires auprès de l'auteur à l'Université Mount Allison, Sackville (N.-B.)).

Baardseth, E. 1970. A square-scanning, two-stage sampling method of estimating seaweed quantities. Rep. Norw. Inst. Seaweed Res. 33 : 1–41.

Ballantine, W.J. 1961. A biologically-defined exposure scale for the comparative description of rocky shores. Field Stud. 1 : 1–19.

Bellamy, D.J., A. Wittick, D.M. John et D.J. Jones, 1973. A method for the determination of seaweed production based on biomass estimates. *Dans* A guide to the measurement of primary production under some special conditions. Monogr. Oceanogr. Methodol. 3 : 73 p.

Bird, N.L. 1973. Survival of *Fucus edentatus* zygotes in relation to humidity of exposure. Thèse de baccalauréat, Université du Nouveau-Brunswick, Fredericton (N.-B.). 50 p.

Blinks, L.R. 1955. Photosynthesis and productivity of littoral marine algae. J. Mar. Res. 14 : 363–373.

Bold, H.C. et M.J. Wynne. 1978. Introduction to the algae. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ. 706 p.

Bousfield, E.L. 1973. Shallow water Gammaridean amphipods of New England. Cornell University Press, Ithaca, NY. 312 p.

Bousfield, E.L. et M.L.H. Thomas. 1975. Postglacial changes in distribution of littoral marine invertebrates in the Canadian Atlantic region. Proc. N.S. Inst. Sci. 27 (Suppl. 3) : 47–60.

Brinkhurst, R.O., L.E. Linkletter, E.I. Lord, S.A. Connors et M.J. Dadswell. 1975. A preliminary guide to the littoral and sublittoral invertebrates of Passamaquoddy Bay. Ministère de l'Environnement, Station de biologie de St. Andrews, St. Andrews (N.-B.). 166 p.

Burrows, E.M. et S.M. Lodge. 1951. Autecology and the species problem in *Fucus*. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 30 : 161–176.

Carefoot, T. 1977. Pacific seashores. J.J. Douglas Ltd., Vancouver (C.-B.). 208 p.

Connell, J.H. 1961a. Effects of competition, predation by *Thais lapillus* and other factors on natural populations of the barnacle *Balanus balanoides*. Ecol. Monogr. 31 : 61–104.

1961b. The influence of interspecific competition and other factors on the distribution of the barnacle *Chthamalus stellatus*. Ecology 42 : 710–743.

1970. A predator prey system in the marine intertidal region. I. *Balanus glandula* and several predatory species of *Thais*. Ecol. Monogr. 40 : 49–78.

1972. Community interactions on marine rocky intertidal shores. Annu. Rev. Ecol. Syst. 3 : 169–192.

Crisp, D.J. 1961. Territorial behavior in barnacle settlement. J. Exp. Biol. 38 : 429–446.

Crisp, D.J. et P.S. Meadows. 1962. The chemical basis of gregariousness in sirripedes. Proc. R. Soc. Lond., Ser. B., 156 : 500–520.

Crothers, J.H. 1973. On variation in *Nucella lapillus* (L) : shell shape in populations from Pembrokeshire, South Wales. Proc. Malacol. Soc. Lond. 40 : 319–327.

1974. On variation in *Nucella lapillus* (L) : shell shape in populations from the Bristol Channel. Proc. Malacol. Soc. Lond. 41 : 157–170.

1975a. On variation in *Nucella lapillus* L : shell shape in populations from the south coast of England. Proc. Malacol. Soc. Lond. 41 : 489–498.

1975b. On variation in *Nucella lapillus* L : shell shape in populations from the Channel Islands and North-western France. Proc. Malacol. Soc. Lond. 41 : 499–502.

1977. On variation in *Nucella lapillus* L : shell shape in populations towards the southern limit of its European range. J. Molluscan Stud. 43 : 181–188.

DALBY, D.H., E.B. COWELL, W.J. SYRATT ET J.H. CROTHERS. 1978. An exposure scale for marine shores in western Norway. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 58 : 975–996.

DAYTON, P.K. 1971. Competition, disturbance and community organization : the provision and subsequent utilization of space in a rocky intertidal community. Ecol. Monogr. 41 : 351–389.

1975. Experimental evaluation of ecological dominance in a rocky intertidal community. Ecol. Monogr. 45 : 137–159.

DICKINSON, C.I. 1963. British seaweed. Eyre and Spottiswoode, Londres. 232 p.

DOTY, M.S. 1946. Critical tide factors that are correlated with the vertical distribution of marine algae and other organisms along the Pacific coast. Ecology 27 : 315–328.

DOTY, M.S. ET J.G. ARCHER. 1950. An experimental test of the tide factor hypothesis. Am. J. Bot. 27 : 458–464.

DRUEHL, L.D. 1967. Vertical distribution of some benthic marine algae in a British Columbia inlet, as related to some environmental factors. J. Fish. Res. Board Can. 24 : 33–46.

DRUEHL, L.D. ET J.M. GREEN. 1970. A submersion-emersion sensor for intertidal biological studies. J. Fish. Res. Board Can. 27 : 401–403.

EDELSTEIN, T. ET J. MACLACHLAN. 1975. Autecology of *Fucus distichus* sp. *distichus* (Phaeophyceae) in Nova Scotia, Canada. Mar. Biol. 20 : 305–324.

EDNEY, E.B. 1953. The temperature of woodlice in the sun. J. Exp. Biol. 20 : 331–349.

ELMHIRST, R. 1934. Tidal flow and littoral zonation. Scott. Mar. Biol. Assoc. Annu. Rep. 1933–34 : 12–15.

FIELD, J.G. 1968. The "turbulometer", an apparatus for measuring relative exposure to wave action on shores. Zool. Afr. 3 : 115–118.

FOSTER, B.A. 1971. Desiccation as a factor in the intertidal zonation of barnacles. Mar. Biol. 8 : 12–29.

FRALICK, R.A., K.W. TURGEON ET A.C. MATHIESON. 1974. Destruction of kelp populations by *Lacuna vincta* (Montagu). Nautilus 88 : 112–114.

FRASER, C.McL. 1921. Canadian Atlantic fauna, — a Hydroida. Publ. Biol. Board Can. 3a : 46 p.

FRIEDMAN, M.H. 1933. The freezing and storage of live clams and oysters. Annu. Rep. Biol. Board Can. 1932 : 23–24.

GLEASON, H.A. 1963. The new Britton and Brown illustrated flora of the northeastern United States and adjacent Canada. 3 vol. New York Botanical Garden. Hafner Publishing Co., New York, NY. 482 p., 655 p., 595 p.

GLEASON, H.A. ET A. CRONQUIST. 1963. Manual of the vascular plants of northeastern United States and adjacent Canada. D. Van Nostrand Co., Princeton, NJ. 810 p.

GOSNER, K.L. 1971. Guide to identification of marine and estuarine invertebrates. Wiley-Interscience, New York, NY. 693 p.

1978. A field guide to the Atlantic seashore. Peterson field guide series. Houghton Mifflin Co., Boston, MA. 329 p.

GRENAGER, B. ET E. BAARDSETH. 1965. A two-stage sampling method of estimating seaweed quantities. Proceedings of the 5th Intl. Seaweed Symp. : 129–135.

HALE, M.E. 1969. The lichens. Wm. C. Brown, Dubuque, IA. 226 p.

HARGER, J.R.E. 1970a. Comparisons of growth characteristics of two species of sea mussel, *Mytilus edulis* and *Mytilus californianus*. Veliger 13 : 44–56.

1970b. The effect of wave impact on some aspects of the biology of sea mussels. Veliger 12 : 401–414.

1972. Variation and relative inch size in the sea mussel *Mytilus edulis* in association with *Mytilus californianus*. Veliger 14 : 275–281.

HATTON, H. 1938. Essais de bionomie explicative sur quelques espèces intercotidales d'algues et d'animaux. Ann. Inst. Oceanogr. Monaco. 17 : 241–348.

HEDGPETH, J.W. [ÉD.] 1966. Treatise on marine ecology and paleoecology. Vol. 1. Ecology. The Geological Society of America. New York Lithographing Corp., New York, NY. 1296 p.

HEWATT, W.G. 1937. Ecological studies on selected marine intertidal communities of Monterey Bay, California. Am. Midl. Nat. 18 : 161–206.

JONES, N.S. 1948. Observations and experiments on the biology of *Patella vulgata* at Port St. Mary, Isle of Man. Proc. Trans. Liverpool Biol. Soc. 56 : 60–77.

JONES, N.S. ET J.M. KAIN. 1967. Subtidal algal colonization following the removal of *Echinus*. Helgol. Wiss. Meeresunters. 15 : 460–466.

JONES, W.E. ET A. DEMETROPOULOS. 1968. Exposure to wave action : measurements of an important ecological parameter on rocky shores on Anglesey. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 2 : 46–63.

KANWISHER, J.W. 1955. Freezing in intertidal animals. Biol. Bull. 109 : 56–63.

1957. Freezing and drying in intertidal algae. Biol. Bull. 113 : 275–285.

KINGSBURY, J.M. 1969. Seaweeds of Cape Cod and the Islands. The Chatham Press, Chatham, MA. 207 p.

LANDENBERGER, D.E. 1969. The effects of exposure to air on Pacific starfish and its relationship to distribution. Physiol. Zool. 42 : 220–230.

LEE, T.F. 1977. The seaweed handbook. The Mariners Press, Boston, MA. 217 p.

LEIM, A.G. ET W.B. SCOTT. 1972. Poissons de la Côte Atlantique du Canada. Fish. Res. Board Can. Bull. 155 : 530 p.

LEWIS, J.R. 1955. The mode of the occurrence of the universal tidal zones in Great Britain. J. Ecol. 43 : 270–290.

1964. The ecology of rocky shores. The English Universities Press, Ltd., Londres. 323 p.

1978. The role of physical and biological factors in the distribution and stability of rocky shore communities, p. 417–424. *Dans* B.F. Keegan, P.O. Ciedigh et P.J.S. Boaden [éd.]. Biology of benthic organisms. Pergammon Press, Inc., Oxford, R.-U.

LINKLETTER, L.E., E.I. LORD ET M.J. DADSWELL. 1977. A checklist of marine flora and fauna of the Bay of Fundy. Laboratoire maritime Huntsman, St. Andrews (N.-B.). 68 p.

MACDONALD, M.A., D.S. FENSOM ET A.R.A. TAYLOR. 1974. Electrical impedance in *Ascophyllum nodosum* and *Fucus vesiculosus* in relation to cooling, freezing and desiccation. J. Phycol. 10 : 426–469.

MANN, K.H. 1977. Destruction of kelp beds by sea urchins : a cyclical phenomenon or irreversible degradation. Helgol. Wiss. Meeresunters 30 : 455–467.

MCLACHLAN, J. 1974. Effects of temperature and light on growth and development of embryos of *Fucus edentatus* and *F. distichus* subsp. *distichus*. Can. J. Bot. 52 : 943–951.

MARR, J. 1963. Some notes on the preservation of marine animals. J. Cons. Cons. Int. Explor. Mer 28 : 121–125.

MEDCOF, J.C. ET M.L.H. THOMAS. 1974. Surfacing on ice of frozen-in marine bottom materials. J. Fish. Res. Board Can. 31 : 1195–1200.

MENGE, B.A. 1972. Competition for food between two intertidal starfish species and its effect on body size and feeding. Ecology 53 : 635–644.

1974. Effect of wave action and competition on brooding and reproductive effort in the sea star *Leptasterias hexactis*. Ecology 55 : 84–93.

1976. Organization of the New England rocky intertidal community : role of predation, competition and environmental heterogeneity. Ecol. Monogr. 46 : 355–393.

MENGE, B.A. ET J.P. SUTHERLAND. 1976. Species diversity gradients; synthesis of the roles of predation, competition and temporal heterogeneity. Am. Nat. 110 : 351–369.

MILNER, C. ET R.E. HUGHES. 1968. Methods for the measurement of primary production of grassland. IBP Handbook 6. Blackwell Scientific Publ., Oxford, R.-U. 82 p.

MINER, R.W. 1950. Field book of seashore life. G.P. Putnam's and Sons, East Rutherford, NJ. 888 p.

MUENSCHER, W.L.C. 1915. Ability of seaweeds to withstand desiccation. Publ. Puget Sound. Mar. Sta. 1 : 19–23.

MUUS, B.J. 1968. A field method of measuring exposure by means of plaster balls; a preliminary account. Sarsia 34 : 61–68.

NICOL, J.A.C. 1969. Biology of marine animals. Pitman Paperbacks, Londres. 699 p.

PACE, D. 1974. Kelp community development in Barkeley Sound, British Columbia, following sea urchin removal. Proceedings of the 8th Intl. Seaweed Symp. Wales, 1974.

PAINE, R.T. 1969. The *Pisaster-Tegula* interaction : prey patches, predation, food preference and intertidal community structure. Ecology 50 : 950–961.

1974. Intertidal community structure. Experimental studies on the relationship between a dominant competitor and its principal predator. Oecologia (Berlin) 15 : 93–120.

PAINE, R.T. ET R.L. VADAS. 1969. The effects of grazing by sea urchins, *Stongylocentrotus* spp. on benthic algae populations. Limnol. Oceanogr. 14 : 710–719.

PERKINS, E.J. 1974. Macrobenthos of rocky shores, p. 239–277. *Dans* The biology of estuaries and coastal waters. Academic Press, Inc., New York, NY.

PETTIBONE, M.H. 1963. Marine Polychaete worms of the New England region. I. Aphroditidae through Trochochaetidae. Smithson. Inst. Bull. 277 : 356 p.

POMEROY, L.R. 1961. Istopic and other techniques for measuring benthic primary production, p. 97–102. *Dans* M.S. Doty [éd.]. Proceedings of a Conference on Primary Productivity Measurement, Marine and Freshwater. University of Hawaii, Honolulu, HI.

ROLAND, A.E. 1947. The flora of Nova Scotia. Proc. N.S. Inst. Sci. 21 : 95–642.

SCHONBECK, M. ET T.A. NORTON. 1978. Factors controlling the upper limits of fucoid algae on the shore. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 31 : 303–314.

SCHULTZ, G.A. 1969. The marine isopod crustaceans. Wm.C. Brown, Dubuque, IA. 359 p.

SCOGGAN, H.J. 1978–79. The Flora of Canada. Canada, Musée national des Sciences naturelles, Publications dans Botany No. 7, 4 parties. 1711 p.

SCOTT, W.B. ET S.N. MESSIEH. 1976. Common Canadian Atlantic fishes. Laboratoire maritime Huntsman, St. Andrews (N.-B.). 106 p.

SEGAL, E. ET P.A. DEHNEL. 1962. Osmotic behavior in an intertidal limpet *Acmaea limatula*. Biol. Bull. 122 : 417–430.

SMITH, R.I. 1964. Keys to the marine invertebrates of the Woods Hole region. Marine Biological Laboratory, Woods Hole, MA. 208 p.

SOMME, L. 1966. Seasonal changes in the freezing tolerance of some intertidal animals. Nytt. Mag. Zool. (Oslo) 13 : 52–55.

SOUTHWARD, A.J. 1957. Zonation of plants and animals on rocky sea shores. Biol. Rev. 33 : 137–177.

1964. Limpet grazing and the control of vegetation on rocky shores, p. 265–273. *Dans* Grazing in terrestrial and marine environments. Symposium of the British Ecological Society, Bangor, April, 1962.

1966. Life of the seashore. Harvard University Press, Cambridge, MA. 152 p.

SOUTHWARD, A.J. ET E.C. SOUTHWARD. 1978. Recolonization of rocky shores in Cornwall after use of toxic dispersants to clean up the Torrey Canyon spill. J. Fish. Res. Board Can. 35 : 682–706.

STEPHENSON, T.A. ET A. STEPHENSON. 1949. The universal features of zonation between tide-marks on rocky coasts. J. Ecol. 37 : 289–305.

1954a. Life between the tide-marks in North America. IIIA Nova Scotia and Prince Edward Island : description of the region. J. Ecol. 42 : 14–45.

1954b. Life between the tide-marks in North America, IIIB Nova Scotia and Prince Edward Island : the geographical features of the region. J. Ecol. 42 : 46–70.

1972. Life between the tide-marks of rocky shores. W.H. Freeman and Company, San Francisco, CA. 425 p.

STRICKLAND, J.D.H. 1960. Measuring the production of marine phytoplankton. Bull. Fish. Res. Board Can. 122 : 172 p.

TAYLOR, W.R. 1957. Marine algae of the northeast coast of North America. 2e éd. University of Michigan Press, Ann Arbor, MI. 509 p.

TEST, A.R. 1945. Ecology of California *Acmaea*. Ecology 26 : 395–405.

THOMAS, M.L.H. 1973. The potential impact of oil pollution on intertidal organisms in Western N.B. Eastport Working group report to Fish. Res. Board Can. Inédit (Tableau dans Anon. 1964).

1975. Intertidal zonation on western Bay of Fundy rocky shores. Trans. Atl. Chap. Can. Soc. Env. Biol. Annu. Meet. Nov. 3–5, 1975 : 12–111.

1976. Introducing the sea. 3e éd. Laboratoire maritime Huntsman, St. Andrews (N.-B.). 112 p.

1977. Intertidal resources of the Bay of Fundy. Fundy tidal power and the environment. Acadia Univ. Inst. 28 : 148–159.

THORSON, G. 1957. Bottom communities (sublittoral and shallow shelf), p. 461–534. *Dans* J.W. Hedgepeth [éd.]. Treatise on marine ecology and paleoecology. Vol. 1. Ecology. Geol. Soc. Am. Mem. 67.

VOLLENWEIDER, R.A. [ÉD.] 1969. A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments. IPB Handbook 12. F.A. Davis. Philadelphia, PA. 213 p.

WALLACE, N.A. 1919. The isopoda of the Bay of Fundy. Univ. Toronto Biol. Ser. 18 : 42 p.

WEINBERG, S. 1978. The minimal area problem in invertebrate communities of Mediterranean rocky substrata. Mar. Biol. 49 : 33–40.

WETZEL, R.G. 1964. Primary productivity of aquatic macrophytes. Verh. Int. Verein. Limnol. 15 : 426–436.

WILLIAMS, G.B. 1964. The effects of extracts of *Fucus serratus* in promoting the settlement of larvae of *Spirorbis borealis* (Polychaeta). J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 44 : 397–414.

WILSON, J.S., C.J. BIRD, J. MACLACHLAN ET A.R.A. TAYLOR. 1979. An annotated checklist and distribution of benthic marine algae of the Bay of Fundy. Univ. Memorial, Terre-Neuve, Occas. Publ. Biol. No. 2 : 65 p.

YONGE, C.M. 1949. The sea shore. Collins, Londres. 311 p.

CHAPITRE 5

Rivages à sédiments grossiers

D. STEELE

Université Memorial, St. John's (Terre-Neuve)

Introduction

Si la couche rocheuse dépasse la surface de l'océan, elle est immédiatement soumise à l'érosion. Les principaux agents d'érosion sont les vagues qui usent la roche et en projettent des fragments sur sa surface, la rongeant peu à peu. Les points faibles dans la structure de la roche s'usent, et les sections plus résistantes qui ne sont donc plus soutenues s'écrasent. Le rythme de l'érosion est donc déterminé par le mode d'action des vagues sur la roche et par la dureté de la roche elle-même.

La région de Quoddy n'est généralement pas soumise à une énergie intense de la part des vagues, puisque les vents n'y sont généralement pas puissants (la vitesse moyenne pour le mois le plus venteux n'est que de 20 km/h alors que, par exemple aux Îles-de-la-Madeleine, elle est de 31 km/h). En plus, la course maximale pour la plupart des directions de vent est limitée. Les îles Campobello et Deer protègent la baie Passamaquoddy de la baie de Fundy, et l'archipel de Grand Manan bloque en partie la rive est de l'île Campobello. Seules les côtes extérieures de ces îles et la rive est de la terre ferme ne sont pas abritées. Là, la course maximale varie de 120 à 400 km mais l'orientation est à l'est, alors que les vents dominants viennent de l'ouest. Il n'y a donc pas dans la région de Quoddy de rivages battus menacés d'une érosion rapide.

De plus, la couche rocheuse se compose de vieilles roches résistantes, difficiles à éroder. Il s'agit principalement de roches sédimentaires et volcaniques du Dévonien et du Silurien, bien qu'apparaisse du granite juste au nord de la région et, en affleurements, le long de la côte dans la portion est de la région (Cumming, 1967).

Pendant le Pléistocène, la région de Quoddy a été traversée par des glaciers et est donc aujourd'hui recouverte de dépôts glaciaires et fluvioglaciaires. Contrairement à la couche rocheuse, ces dépôts non consolidés s'érodent facilement et sont une riche source de matériaux sédimentaires pour engraver les plages.

Sédiments

L'environnement physique d'une plage sédimentaire est déterminé par de nombreuses variables. La dimension des sédiments peut aller des gros blocs, semblables en nature à la couche rocheuse, jusqu'aux plus petites particules d'argile, et comprendre toutes les combinaisons possibles à la fois. Les particules peuvent être en mouvement presque continu et en cours d'érosion ou rester immobiles sous forme de dépôt. Les espaces sous les roches et entre les particules peuvent varier énormément et être remplis d'eau à température, à salinité et à teneur en oxygène variables. Les différents niveaux de la plage sont alternativement submergés et émergés et exposés aux vagues pour des périodes variables selon la montée et la descente des marées, qui sont très fortes dans la région de Quoddy.

De tous ces facteurs physiques, la texture des sédiments est le plus important puisqu'elle influence directement d'autres facteurs, notamment la porosité et la disponibilité de l'eau, et reflète en grande partie la force des vagues.

Les textures des sédiments ont été intensivement étudiées par des géomorphologues, de qui les biologistes ont généralement adopté les techniques et la terminologie. Les biologistes sont cependant intéressés principalement par les organismes et leur environnement sur la plage; l'accent est donc mis sur un aspect différent, et les techniques des géomorphologues ne sont pas toujours appropriées.

TABLEAU 1. Échelle granulométrique de Wentworth modifiée[a]

Nom				
Matériau	Subdivision	ϕ	mm	μm
Bloc		−8	256	
Galet		−6	64	
Caillou		−4	16	
Gravier		−1	2	
Sable	Très grossier	0	1	1000
	Grossier	1	0.5	500
	Moyen	2	0.25	250
	Fin	3	0.125	125
	Très fin	4	0.0625	62.5
Limon	Grossier	5		31.3
	Moyen	6		15.6
	Fin	7		7.8
	Très fin	8		3.9
Argile	Grossière	9		1.95
	Moyenne	10		0.98
	Fine	11		0.49
	Très fine	12		0.26

[a] Cummins (1962) a éliminé le terme granule donné par Wentworth et a introduit le terme couramment utilisé de gravier pour remplacer ce mot ainsi qu'une partie de la catégorie des cailloux de Wentworth.

Il est d'usage de nommer les sédiments d'après les particules qui dominent leur texture (p. ex., gravier, sable, etc.). Ce procédé n'étant pas très précis, les géomorphologues ont élaboré des techniques plus exactes, à la fois pour nommer les particules et pour décrire les caractéristiques de la texture. La taille des particules peut être mesurée sur une échelle arithmétique, mais, les tailles des sédiments qui intéressent les géomorphologues étant souvent petites, ces derniers préfèrent généralement une échelle logarithmique qui permet une représentation plus claire. L'échelle logarithmique est de base 2 et, à cause de la petitesse de la plupart des particules, on utilise un logarithme négatif afin d'inverser le signe des unités. Les unités, phi (ϕ), ont été ainsi définies par Krumbein (1936) : « les logarithmes négatifs de base 2 des dimensions des particules en millimètres ». Les noms donnés aux diverses catégories ont été introduits par Wentworth, et la série entière est connue sous le nom d'échelle granulométrique de Wentworth (tableau 1).

Texture

Pour déterminer la texture, on place un échantillon de sédiments dans un tamis de 63 µm; on y ajoute de l'eau et on filtre ainsi jusqu'à ce que le filtrat soit clair. Les matériaux fins qui s'échappent avec l'eau sont prélevés et analysés séparément. Le matériel grossier qui demeure dans le tamis est séché puis tamisé à travers une série de tamis qui correspondent à la série phi ou à des fractions d'unités phi. Les matériaux retenus par chaque tamis sont pesés et leur pourcentage du poids total déterminé. Les particules grossières (plus grosses que les graviers) ne sont pas tamisées mais peuvent être mesurées individuellement.

Le nom donné au sédiment est celui de la taille de la particule la plus abondante en poids. Les sédiments qui ne sont pas bien triés seront décrits du nom combiné des deux fractions les plus abondantes, par exemple gravier sableux. Pour les déterminations plus précises, on trace un diagramme dont les côtés représentent la composition en pourcentage de gravier, de limon et d'argile (fig. 1).

Dans le cas de particules grossières, l'analyse par poids ne donne pas de résultat adéquat puisqu'un seul caillou ou galet peut être plus lourd que toutes les autres particules de l'échantillon réunies. Il vaut mieux échantillonner à part les grosses particules et mesurer leurs dimensions individuellement et, le cas échéant, analyser séparément la matrice plus fine. L'accent est mis sur l'aspect qui est considéré comme étant le plus important pour les organismes. Sur une plage à mode battu, où se trouvent des cailloux et du sable, il est probable que seules les caractéristiques du sable seront importantes, puisque les organismes seront incapables de survivre près ou sur les cailloux à cause de l'abrasion. Cependant, sur une plage de gravier et de blocs, ces deux éléments peuvent être importants, puisque des organismes peuvent habiter aussi bien sous les blocs que dans le gravier.

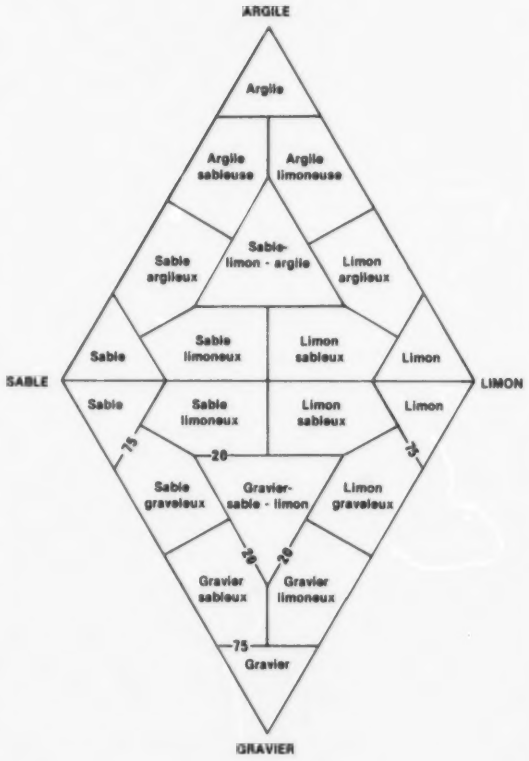


Fig. 1. Noms des sédiments (d'après Holmes et McIntyre, 1971 et Uchupi, 1963).

La meilleure façon de déterminer les qualités de texture importantes pour les organismes consiste à porter sur un graphique la composition en pourcentage cumulatif des sédiments en unités phi. Sur une échelle arithmétique, la courbe a généralement une forme en S, mais on peut la transformer en une ligne droite, si cela est nécessaire, en faisant appel à une échelle de probabilité. À partir du graphique, il est possible de déterminer, par interpolation, les valeurs qui peuvent servir à calculer les paramètres de texture (fig. 2). Le point 50 % ($Md\phi$) représente la dimension médiane puisque la moitié exactement des particules sont plus petites, et l'autre moitié plus grandes. On calcule la moyenne ($M\phi$) en faisant la moyenne de tous les poids ou, de façon approximative, par la formule $(\phi + \phi50 + \phi84)/3$. Autre paramètre important, le degré de tri s'exprime par la distribution des tailles des particules : on compte le nombre d'unités entre le premier (25 %) et le troisième (75 %) quartiles, ou écart des quartiles ($QD\phi$). $QD\phi = (\phi75 - \phi25)/2$. Dans un sédiment bien trié par les mouvements de l'eau l'écart des quartiles sera plus faible que dans un sédiment qui ne

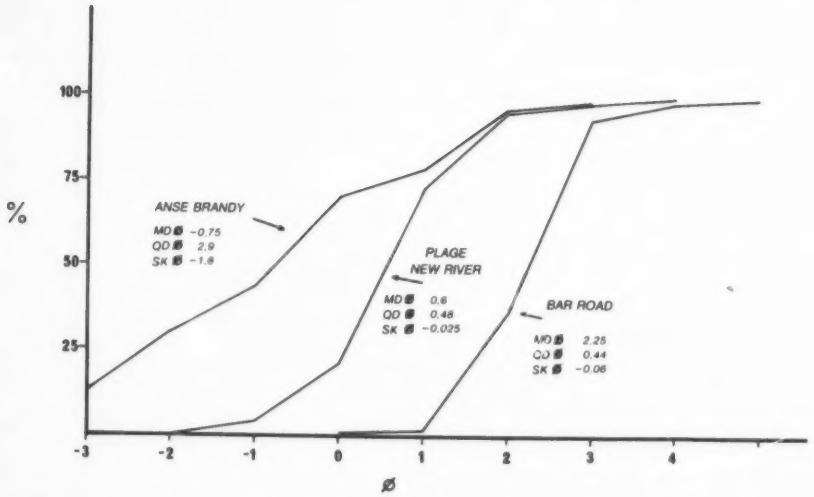


FIG. 2. Courbes cumulatives des textures des sédiments à des sites représentatifs de la région de Quoddy.

l'a pas été. L'asymétrie dans la distribution de la taille des particules peut être déterminée ainsi : $SK\phi = (Q25\phi - Q75\phi - Md\phi)/2$. Une valeur positive indique que la distribution est déviée vers la droite de la moyenne, une valeur négative, que la déviation est vers la gauche.

MINÉRALOGIE

La composition des particules a une très faible importance écologique directe. Cependant, elle a des effets indirects puisqu'elle influe sur d'autres propriétés. Les plages de sable sont généralement formées en grande partie de grains de quartz issus de l'érosion du granite ou du grès. Ces grains peuvent s'arrondir mais, s'ils sont entourés d'une pellicule d'eau, ils sont à peu près indestructibles, tandis que dans le cas d'autres types de minéraux, les particules continuent à diminuer jusqu'à atteindre la dimension des particules de limon ou d'argile, et sont finalement déposées dans les grands fonds. Les plages de sable sont donc généralement formées de grains de quartz et prédominent là où la couche rocheuse est constituée de granite ou de grès. Le granite affleure le long de la côte, et l'énergie intense des vagues explique la présence de plages de sables bien triés dans la partie est de la région de Quoddy.

FORME

La forme des particules est importante pour l'évaluation de l'effet des vagues sur les sédiments; elle affecte également certaines des autres caractéristiques physiques du dépôt. L'érosion varie selon la taille des particules et l'énergie libérée par les vagues sur la plage. Les blocs et les galets trop gros pour rouler s'érodent lentement, tandis que les cailloux qui roulent s'érodent les uns les autres et s'altèrent donc rapidement; il suffit de penser aux morceaux de verre brisé qui s'arrondissent rapidement sur une plage. Les particules dont la taille est inférieure à 250 um ne s'arrondissent pas au contact les unes des autres mais peuvent être usées ou se fragmenter au contact de cailloux plus gros.

Les deux mesures importantes de la forme sont le degré d'émoussage et la sphéricité. Le degré d'émoussage mesure l'usure ou l'émoussé des coins et peut être estimé par comparaison de la particule à une série de modèles à degré d'émoussage variable (Shepard, 1973). La sphéricité exprime dans quelle mesure la forme d'une particule s'approche de la sphère. Un cube est très sphérique mais a un faible degré d'émoussage. La sphéricité est liée premièrement à la forme originale de la particule lorsqu'elle s'est détachée de la roche, et deuxièmement à l'altération. Les termes sphérique, cuboïde, en baguette, discoïde, tabulaire, etc., seront utilisés pour décrire la particule. Trois indices descriptifs de la forme sont également utilisés (King, 1966) :

1) Degré d'émoussage = $2r/l \times 1000$
2) Asymétrie = $AC/l \times 1000$
3) Aplatissement = $\frac{(w + l)}{2t} \times 100$

(l = longueur, w = largeur, t = épaisseur, r = le plus petit rayon de courbure dans le plan principal, c = point où w croise AB ou l).

Les différences de forme ont un effet important sur la taille et la forme des espaces interstitiels des sédiments où vivent les organismes ainsi que sur la facilité avec laquelle les particules peuvent rouler. La sphéricité des grosses particules a un effet important sur la présence et la qualité

de l'espace habitable qui se crée sous elles. Si elles ne sont pas assez petites pour rouler facilement, les grosses particules sphériques tendent à s'ancrer dans une matrice plus fine, contrairement aux particules tabulaires qui recouvrent plutôt de grands espaces habitables (habitat infralithique), où les organismes intertidaux peuvent demeurer à l'humidité et au frais lorsque la mer est basse.

Porosité

Un autre paramètre important des sédiments est l'espace occupé par des pores ou porosité, puisqu'elle détermine l'espace disponible pour les organismes. La porosité est définie par Crisp et Williams (1971) comme « la fraction de l'espace total qui reste vide ». La porosité est directement liée à la dimension des particules, et les sédiments grossiers ont donc une plus grande porosité que les sédiments fins. Cependant, puisque l'espace (1) varie avec la forme des particules, (2) peut être occupé par des particules fines et (3) diminue à mesure que le sédiment est comprimé, il n'existe aucun lien simple entre la texture et la porosité, qui doivent être évaluées séparément. La méthode la plus simple consiste à saturer un échantillon sec avec de l'eau, à le peser, puis à le faire sécher jusqu'à un poids constant. La perte d'eau donne une mesure de la porosité. On peut obtenir des mesures directes de la taille des pores en faisant une coupe à travers des échantillons qui ont été imprégnés de résine puis en mesurant au microscope l'espace occupé par les pores (Crisp et Williams, 1971).

Perméabilité

Bien qu'elle n'ait pas une importance directe pour l'écologie des plages sédimentaires, la perméabilité des sédiments a un effet indirect puisqu'elle détermine la circulation de l'eau à travers le dépôt. Selon Crisp et Williams (1971), la perméabilité est « le taux d'écoulement d'un fluide de viscosité connue à travers un dépôt ». La perméabilité varie également en fonction de la porosité et est donc déterminée par la texture, la forme des particules et le degré de compression. Les sédiments grossiers sont généralement plus perméables que les sédiments fins, mais la quantité relative de matériel fin présent a également une importance critique. L'accroissement de la proportion de sable fin dans le sédiment fait donc diminuer la perméabilité (Webb, 1958).

Le temps que met une charge d'eau de 50 cm à passer à travers 10 cm de sédiments est une mesure de la perméabilité (Hullings et Gray, 1971). On place 10 cm de sédiments dans un tube de verre de 70 à 80 cm de longueur dont l'extrémité est fermée par une gaze ou un filet pour retenir les sédiments. On y verse 65 cm d'eau qui s'écoulent jusqu'à ce qu'il n'en reste plus que 15 cm au fond du tube.

Teneur en eau

La teneur en eau d'un sédiment dépend de sa porosité et est donc influencée par sa texture. Les sédiments grossiers peuvent retenir plus d'eau. Cependant, la teneur en eau dépend également de la disponibilité de l'eau. Lorsque la mer est basse, l'eau s'écoule des sédiments grossiers perméables, surtout parce que les plages à texture grossière présentent de fortes pentes (c'est ce qu'on appelle des battures) et que par capillarité l'eau reste à la surface. La teneur en eau dans une plage à texture grossière fluctuera donc plus avec le cycle tidal que dans le cas d'une plage à texture fine, où la teneur en eau peut avoisiner le point de saturation.

Pour mesurer la teneur en eau d'un sédiment, on verse 5 ml d'eau dans un cylindre gradué de 10 ml et on y ajoute des sédiments jusqu'à ce qu'ils atteignent le niveau de 5 ml. Si le sédiment était saturé, l'eau atteindra 10 ml; sinon, le niveau sera plus faible en proportion de la quantité précédemment emplie d'air. Une autre méthode consiste à mesurer la perte de poids d'un échantillon de sédiment qui est séché jusqu'à un poids constant.

Dureté

La dureté d'un sédiment détermine la facilité avec laquelle la macrofaune peut fouir et est fonction de la taille des particules et de la teneur en eau. Les particules grossières (le sable et le sable grossier) sont trop lourds pour être déplacés par de petits animaux, même si l'abrasion causée par leurs mouvements n'est pas un problème; les formes fouisseuses peuvent donc être absentes. Les particules plus fines peuvent être déplacées plus facilement, mais la dureté des sédiments varie avec la teneur en eau. Selon Freundlich et Roder (1938), le mélange de particules fines et d'eau forme des sédiments compacts lorsque la teneur en eau est inférieure à 53 %. Avec une teneur en eau entre 53 et 58 %, les sédiments sont dilatables et durcissent lorsqu'ils subissent une pression (cas, par exemple, du sable mouillé qui blanchit lorsqu'on marche dessus). Lorsque la teneur en eau est supérieure à 58 %, le mélange devient un liquide visqueux sous l'effet d'une pression. À la pleine mer, le fouissage est donc relativement facile, mais à basse mer il est difficile si l'eau s'écoule, comme dans le cas de plages à matériaux grossiers en pente forte. Les plages à sédiments fins en pente douce retiennent l'eau à basse mer, et le fouissage est donc encore possible. Certains oiseaux de rivage cherchent leur nourriture sur ces plages en fouillant avec leur bec, et les mouettes sont capables de trouver des clams en creusant des flaques.

Qualité de l'eau

Lorsque la mer est pleine, l'eau au-dessus des sédiments a les caractéristiques de l'eau de mer locale, mais l'eau dans les sédiments peut avoir des propriétés très différentes, selon la perméabilité du sédiment et la pente de la plage.

Température

D'importantes variations de température caractérisent les plages sédimentaires à grains grossiers à cause de l'influence de l'insolation et des ruisseaux à basse mer et du rôle de l'océan à marée haute. En été, l'insolation peut faire s'élever la température superficielle des sédiments bien au-dessus de la température de l'air, en particulier lorsque la surface est asséchée. Sous la surface des sédiments, sous les roches ou les tas d'algues, où les sédiments restent humides, les températures demeurent beaucoup plus basses (Steele, 1976). En hiver la situation est inverse, et les organismes peuvent éviter les températures de l'air inférieures à zéro en habitant sous les roches ou en s'enfonçant dans le substrat.

Salinité

La salinité de l'eau interstitielle dépend de la position de la plage, de sa pente et de la perméabilité des sédiments. Sur les plages plates à texture fine, les sédiments de la région intertidale demeurent saturés d'eau de mer et ont une salinité semblable à celle de l'océan adjacent, même à basse mer. La pluie et les ruisseaux apportant de l'eau douce s'écoulent sur la surface sans beaucoup modifier la composition de l'eau interstitielle. Au contraire, pour les sédiments à texture grossière et les pentes généralement abruptes qu'ils constituent, l'eau de mer s'écoule à marée basse et l'eau de pluie et les infiltrations d'eau douce pénètrent dans le sédiment. Au-dessus de la zone de balancement des marées, sur la partie supérieure de la plage, l'eau interstitielle est douce puisqu'elle provient d'eau de pluie qui s'infiltre dans le sédiment. L'eau douce se mélange avec l'eau de mer dans la partie supérieure de la région intertidale et s'écoule de la partie inférieure de la plage à marée basse, approximativement au niveau de basse mer, là où la pente de la plage diminue (c'est « l'horizon des sources » de Delamarre Debouteville, 1960). À cet endroit des infiltrations d'eau saumâtre sont visibles sur les plages de sable, et certaines espèces d'eau saumâtre peuvent prédominer dans cet habitat.

Teneur en matière organique

La matière organique des sédiments sert de nourriture aux organismes qui y vivent et de substrat aux bactéries. Étant donné qu'elle se fragmente en petits morceaux, elle se comporte généralement comme de petites particules minérales. Elle demeure en suspension sous l'effet des mouvements de l'eau et ne se retrouve qu'en petite quantité dans les sédiments de plages à mode battu et à grains grossiers, mais elle abonde dans la colonne d'eau où elle est à la disposition des organismes qui se nourissent de matière en suspension. Sur les plages à mode calme et à particules plus fines, les sédiments présentent généralement une teneur en matière organique plus élevée; cette matière organique est consommée par les organismes qui se nourissent de matière déposée ou décomposée par des microorganismes. Du fait de la consommation d'oxygène de ces derniers et de la faible circulation de l'eau, on relève un appauvrissement des sédiments en oxygène.

La teneur en matière organique d'un sédiment peut être évaluée très facilement comme étant la perte de poids lorsqu'un échantillon pesé à sec est chauffé à 500°C dans un four à moufle qui brûle toute la matière organique. Des erreurs peuvent cependant se produire si de la matière minérale, notamment du $CaCO_3$ dans les coquilles, est également incinérée. Si des coquilles sont présentes en quantités importante elles devraient d'abord être éliminées par acidification. Pour mesurer plus précisément la teneur en matière organique, on peut utiliser un analyseur de C et de N (Byers *et al.*, 1978).

Teneur en oxygène

Par suite de la stagnation de l'eau dans les sédiments fins, l'oxygène de l'eau interstitielle est utilisé lors de la décomposition bactérienne de la matière organique des sédiments. Le gradient de diminution de la teneur en oxygène dépend de la perméabilité de la plage, donc de sa texture. Celle-ci dépend plus particulièrement de la quantité de sable fin ou de particules plus fines dans le sédiment : lorsque cette quantité est supérieure à 10–20 %, la perméabilité et la teneur en oxygène sont faibles (Brafield, 1972). Les organismes qui ont besoin d'une forte teneur en oxygène doivent vivre près de la surface afin d'utiliser pour la respiration l'eau qui s'y trouve. La diminution de la teneur en oxygène avec la profondeur entraîne également l'apparition de bactéries réductrices, qui réduisent le sulfate (SO_4^{--}) en sulfure d'hydrogène (H_2S), le nitrate (NO_3^-) en ammoniac (NH_3^+) et le dioxyde de carbone (CO_2) en méthane (CH_4). L'odeur caractéristique des battures à marée basse est causée par la prédominance de ces composés. Le H_2S du sédiment est fixé sous forme de sulfures de fer qui produisent la couche noire dans le sable. Cette couche peut se retrouver près de la surface dans les sédiments fins ou à la surface sous les algues, mais elle est plus profonde ou même absente dans les sédiments à grains grossiers et en mode battu. La position de la couche noire peut varier selon les saisons et le degré de décomposition bactérienne.

Plages

La taille du matériel issu de l'érosion de la terre va des blocs aux petites particules; ce matériel est ensuite trié

par les vagues et les courants de marée. L'eau transporte les particules qu'elle est capable de charrier puis les dépose lorsqu'elle ne le peut plus. En mode battu, les particules fines sont écartées, les plus grosses sont érodées et produisent des blocs et des galets arrondis. Ceux-ci deviennent de plus en plus petits et sont transportés sous forme de graviers, de sables ou de limons à des endroits ou des profondeurs où l'eau est plus calme. Les régions à mode très battu sont donc caractérisées par des falaises façonnées par l'érosion et des plages à grains grossiers arrondis et bien triés. Les régions protégées tendent à présenter moins de falaises et des battures peu inclinées composées de sédiments faiblement triés à particules anguleuses.

À cause de la faible énergie des vagues dans la région de Quoddy, en particulier dans la baie Passamaquoddy, les falaises ne sont pas bien développées et le tri des sédiments par les vagues est faible. Les plages sont composées d'un mélange de particules de toutes les tailles qui vont des blocs aux particules fines (fig. 3). Comme l'indique leur minéralogie variable, les blocs et les galets ont été déposés principalement par les glaciers ou sont issus de l'érosion du till non consolidé qui recouvre la région. Leur origine explique également le degré d'abrasion d'une grande partie de ces particules. Les particules fines peuvent avoir une origine semblable, ou avoir été transportées par les rivières jusqu'à l'océan.

Les profils de plage sont déterminés par l'énergie des vagues et le degré d'érosion ou d'accumulation qui s'y manifeste. Le flux et le reflux distribuent l'énergie des vagues de façon inégale le long du profil. Par ailleurs, étant donné que les cycles de marée sont asymétriques, l'action des vagues se concentre aux étales de la marée aux pleines mers et aux basses mers de morte eau.

L'érosion de la terre ferme est donc concentrée au niveau de la pleine mer, puisque les vagues peuvent avoir une action sur la terre. Le matériel érodé est emporté vers l'océan par le ressac. Pendant les pleines mers de vive eau, les vagues peuvent s'attaquer à un niveau encore plus élevé, mais ce niveau est atteint beaucoup moins fréquemment. Néanmoins, des vagues fortes combinées à des marées très hautes, notamment des ondes de tempête associées à des dépressions atmosphériques profondes, peuvent éroder considérablement en très peu de temps. Dans les zones protégées, par exemple la baie Passamaquoddy, la plus grande partie de l'érosion est probablement liée à ces conditions.

Entre la pleine et la basse mer, le niveau de l'eau varie rapidement, laissant peu de place à l'érosion. Les vagues doivent traverser la plate-forme érodée peu profonde, et se courber pour se briser plus bas sur le rivage et dissiper leur énergie. Elles sont donc plutôt constructives que destructrices. Le matériel érodé est trié : les particules fines sont emportées par le ressac et par gravité vers des niveaux inférieurs, et les particules grossières restent plus haut sur le rivage. On ne relève pas de rides de plage.

Les sédiments fins provenant de la partie supérieure de la plage s'accumulent au-dessous de la basse mer de morte eau sous forme de sable ou de boue. La pente de la plage est beaucoup plus douce et les sédiments demeurent saturés d'eau durant la période d'exondation des marées de vive eau. Des rides de plage, formées par l'oscillation

FIG. 3. Pointe Indian, St. Andrews. Remarquer les galets sur la pente abrupte au premier plan, le fucus au milieu, et la batture à grains plus fins mais moins bien triés, qui s'étend jusqu'à la ligne de basse mer et qui est parsemée de blocs arrondis.

de l'eau lorsque les vagues passent par-dessus la plage à marée haute, apparaissent à la surface.

La région située près et juste au-dessus de la basse mer de morte eau correspond à l'endroit où l'eau saumâtre, s'écoulant des sédiments intertidaux, ressort en rigoles. Dans cette zone, les sédiments peuvent également être plus grossiers et moins bien triés parce que les vagues viennent s'y briser à l'étale de la marée.

Le profil de la plage est principalement déterminé par le mode et la quantité d'érosion qui s'y produit. Sur les plages exposées, le mode est battu et peut modifier le profil à tous les niveaux, bien que l'action des vagues se concentre à la pleine mer de morte eau. Les plages sédimentaires peuvent se modifier d'un jour à l'autre, et il peut y avoir des différences saisonnières marquées liées au cycle saisonnier de l'énergie des vagues. Sur les plages protégées, l'érosion peut ne se produire que lors de tempêtes, qui sont peu fréquentes; le reste du temps, la plage demeure en équilibre, et ne semble pas se modifier même sur une période de quelques années.

Dans la région de Quoddy, le mode est peu battu mais le marnage est important; les plages sont donc généralement en équilibre et subissent rarement des modifications. La végétation terrestre atteint presque le niveau de la pleine mer de vive eau (fig. 4). La région du niveau moyen de la marée a une pente relativement raide et est couverte de sédiments faiblement triés à grains grossiers. Les cailloux et les galets sont souvent anguleux et généralement incorporés dans la matrice, ce qui forme un genre de pavage. Au niveau de la basse mer de morte eau, la pente diminue, et la texture passe au sable fin ou à la boue, sillonnés de rigoles à basse mer. De gros blocs, laissés par les glaciers, parsèment la surface. Les plages sont larges,et leur caractéristique la plus significative est l'étendue des battures découvertes pendant les périodes de vive eau. C'est là qu'on peut trouver des animaux qui ne sont jamais exondés ailleurs.

Faune et flore

Il est pratique de traiter les organismes de la plage selon leur rôle dans la communauté (producteurs, consommateurs ou décomposeurs) et selon leur taille.

Producteurs

Mis à part la zostère (*Zostera marina*), qui semble accessoire dans la région de Quoddy, les producteurs comprennent tout un assortiment d'algues macrophytes et de diatomées. Les plus visibles sont les algues qui vivent fixées à un substrat, par exemple la roche-mère ou de gros rochers, ou les unes aux autres. Leur présence sur les rochers dépend de la force d'abrasion, donc du mode. Sur des plages où les vagues sont très fortes, les galets peuvent ne porter aucun macrophyte, sauf peut-être des espèces éphémères pendant l'été, tandis que dans les endroits abrités, même les tout petits fragments de roche peuvent porter d'importants macrophytes. En été, la photosynthèse peut produire suffisamment de bulles d'oxygène

Fig. 4. Pointe Indian, St. Andrews. Les laisses marquent la hauteur des marées récentes. Les billots se sont échoués pendant les tempêtes et se retrouvent posés sur la végétation terrestre.

emprisonnées pour que la plante et le fragment flottent ensemble puis dérivent. Il existe des différences entre les espèces d'algues; par exemple, on ne retrouve généralement pas *Ascophyllum nodosum* sur des roches aussi petites que celles où se fixe *Fucus vesiculosus* (fig. 5), même si les deux espèces se retrouvent sur la même plage. Des algues macrophytes ne se rencontrent pas sur le sable ou le gravier à cause de l'instabilité de la surface. Dans des endroits abrités, certaines espèces de macrophytes, notamment *Ascophyllum nodosum* et *Fucus vesiculosus*, se présentent non pas fixés mais simplement posés sur les substrats de sable ou de gravier.

Les macrophytes résistants, notamment les espèces de *Fucus* ne sont pas vraiment broutés lorsqu'ils ont achevé leur croissance, mais, lorsqu'ils sont détachés et transportés dans la zone infratidale, ils sont une importante source d'alimentation pour les animaux infralittoraux, notamment les oursins. À mesure qu'ils se fragmentent, les algues et les micro-organismes qui leurs sont associés forment des détritus qui servent de nourriture aux organismes qui se nourrissent de matière en suspension et à ceux qui se nourrissent de dépôts. Ces macrophytes résistants créent également des microhabitats frais et humides sur la plage lorsque la marée est basse. Les algues plus délicates, notamment *Pylaiella littoralis* ou *Dictyosiphon foeniculaceus*, sont d'importantes sources de nourriture pour les brouteurs dans la zone intertidale.

Les autres producteurs importants des plages sédimentaires sont les microphytes (en particulier les diatomées) qui vivent sur la surface de macrophytes ou de grosses particules rocheuses où elles servent de nourriture aux organismes qui broutent ces surfaces, notamment les patelles et les bigorneaux.

Les diatomées sont souvent les seuls producteurs sur les plages de gravier ou de sable. Certaines se fixent à des grains, et les formes mobiles vivent dans les espaces entre les grains (Round, 1971). Comme ces microphytes sont perturbés par l'abrasion, ils sont plus abondants là où existe une protection. Ils peuvent même y être très abondants et former ce qu'on appelle un sable à diatomées. Ils servent de nourriture au petit clypéaster (*Echinarachnius parma*) et à l'oursin vert (*Strongylocentrotus droebachiensis*).

La production primaire due au phytobenthos ne semble pas avoir été mesurée dans la région de Quoddy mais est probablement importante, à cause de la clarté relative de l'eau, de la disponibilité des substances nutritives et de l'importance du marnage. La production des macrophytes est généralement estimée par la récolte ou par la mesure du taux de croissance (Mann, 1972). L'absorption de C^{14}, soit *in situ*, soit dans un incubateur, a été utilisée pour mesurer la production des microphytes dans le sable (Steele et Baird, 1968).

Décomposeurs

Les décomposeurs sont des microorganismes (bactéries et champignons). Ils n'ont pas été étudiés dans la région de Quoddy. Comme la plupart des bactéries des sédiments ne croissent pas *in vitro*, les méthodes habituelles de numération sur plaques sous-estiment leur nombre. C'est la numération directe de bactéries colorées qui a

Fig. 5. Pointe Indian, St. Andrews; gros plan de la zone de fucus (*Fucus vesiculosus*).

plutôt été utilisée, mais cela ne permet pas de différencier les individus morts des individus vivants. Les formes aérobies sont confinées à une mince couche de sédiments, à la surface, là où l'eau interstitielle est bien oxygénée, et les formes anaérobies réductrices se présentent dans les sédiments noirs du système sulfureux, au-dessous de la surface.

En Nouvelle Écosse, Dales (1974) a découvert à l'aide de la numération directe que le nombre de bactéries dans les sédiments était inversement proportionnel au diamètre moyen des particules et directement proportionnel à la teneur en carbone organique et en azote des sédiments.

Consommateurs

Les animaux (consommateurs) qui vivent sur les plages constituent à la fois une épifaune (espèces qui vivent à la surface la plupart du temps ou tout le temps) et une endofaune (espèces qui vivent en grande partie ou entièrement dans les sédiments).

L'épifaune qui vit sur les particules grossières se compose de la macrofaune et de la microfaune; ce sont les mêmes espèces que celles qui vivent sur la couche rocheuse (balanes, moules, etc.), et elles ont la même zonation intertidale. La présence de l'épifaune dépend de la force d'abrasion. Dans les zones abritées, même les petits cailloux peuvent porter des balanes (fig. 6).

Sous les gros galets et les blocs — en particulier ceux qui sont plats (de forme tabulaire) et ne s'enfoncent pas dans la matrice — se crée un habitat infralithique humide et frais, même lors des marées basses, au milieu de la journée, en été, lorsque les températures sur la surface exposée de la roche peuvent devenir très élevées. Sur la face inférieure de la roche peuvent se fixer des hydraires, des éponges, des anémones, des balanes, et les capsules d'oeufs des pourpres de l'Atlantique, qui ailleurs se retrouvent seulement sur la basse plage ou dans la zone infralittorale. Peuvent s'y retrouver également de petits plathelminthes (*Procerodes* sp.), des amphipodes (*Gammarus* sp.) et des isopodes (*Jaera* sp.), qui rampent à la surface de la roche et de la matrice. Les animaux plus gros, notamment la sigouine de roche (*Pholis gunnellus*), le crabe commun (*Cancer irroratus*), et le crabe vert (*Carcinus maenas*) trouvent également des abris sous les roches dans les parties inférieures de la plage. Pendant l'hiver, le bigorneau (*Littorina littorea*) et le pourpre de l'Atlantique (*Thais lapillus*) s'abritent dans ces endroits lorsqu'ils sont inactifs.

Un échantillonnage quantitatif de ce genre d'habitat est difficile; les échantillons prélevés dans des quadrats ($m^2 \times 10^{-1}$ étant la taille recommandée pour les études de la zone intertidale) ont des variances élevées liées à la nature variable du substrat. Comme les animaux sont parfois plus petits que les particules de la matrice, l'extraction par tamisage est difficile à moins que les particules les plus grosses soient d'abord éliminées. Les méthodes de séparation par flottation et décantation sont efficaces pour de nombreuses espèces. Une autre méthode consiste à échantillonner la faune associée aux morceaux de roche. La taille et la forme des particules doivent être standardisées autant que possible, puisqu'elles peuvent toucher la qualité de l'habitat infralithique et faire

Fig. 6. Pointe Indian, St. Andrews; gros plan des galets à la base de la pente abrupte. Divers types de roches sont présents et certaines sont très anguleuses. Les galets sont insérés dans une matrice de gravier. Des balanes sont fixées à de très petites roches.

varier la taille de la zone échantillonnée (Steele, 1976). Des collecteurs et des trappes ont également été utilisés pour effectuer des prélèvements dans ce genre d'habitat variable. La microfaune peut être prélevée par filtration de l'eau, additionnée d'un peu de formol, qui a été utilisée pour laver les particules de sédiments ou les organismes.

Les plages à texture fine montrent peu ou pas d'activité biologique à marée basse. Les seuls animaux de l'épifaune sont la crevette *Crangon septemspinosus*, le clypéaster (*Echinarachnius parma*), l'oursin vert (*Strongylocentrotus droebachiensis*) et le buccin (*Buccinum undatum*), mais la crevette et le clypéaster fouissent dans le sable une partie du temps. Les oothèques des natices (*Lunatia* sp.) apparaissent également à la surface, mais les parents vivent la plupart du temps dans les sédiments.

L'endofaune vit dans les sédiments et se compose d'espèces plus variées classées selon la taille des organismes en macrofaune (qui ne traverse pas un tamis de 500 µm), méiofaune (qui traverse un tamis de 500 µm mais pas un tamis de 50µm) et microfaune (qui traverse un tamis de 50µm). Cette méthode semble être la plus pratique de celles qui ont été proposées. Dans le sable, la méiofaune s'appelle également faune interstitielle, parce que les organismes vivent dans les espaces situés entre les particules. Dans les sédiments plus grossiers, où les pores sont plus importants, cela est également vrai pour certains des organismes de la macrofaune; les deux termes ne sont donc pas toujours synonymes.

La macrofaune de la région de Quoddy se compose d'espèces caractéristiques des habitats abrités à modérément exposés, et les espèces types des milieux battus et très battus, notamment l'amphipode (*Amphiporeia lawrenciana*), en sont absentes. On y retrouve une variété de mollusques (*Mya arenaria, Lunatia heros* et *Lunatia triseriata*), des annélides (*Nereis virens, Lumbrineris* sp., *Nepthys* sp. et *Pectinaria gouldi*), des isopodes (*Chiridotea caeca, Edotea montosa*) et des amphipodes (*Phoxocephalus holbolli, Leptocheirus pinguis, Psammonyx nobilis* et *Orchomenella minuta*) qui fouissent dans les sédiments à marée basse. Il est facile d'obtenir des données quantitatives en prélevant des échantillons de substrat dans des quadrats et en les tamisant.

La méiofaune n'a pas été étudiée dans la région de Quoddy et est donc presque totalement inconnue. Cela est probablement dû (1) à la croyance selon laquelle la méiofaune serait appauvrie dans les zones englacées, (2) à l'absence de plages de sable à particules bien triées, oxygénées, où généralement l'on recherche ce genre de faune et (3) au manque d'études sur le sujet, contrairement à ce qui se fait en Europe de l'Ouest. Néanmoins, une faune abondante a été trouvée dans l'Arctique dans le Spitzberg (Gerlach, 1965), et un examen rapide des sédiments au microscope laisse paraître la présence de nombreux petits organismes, par exemple des nématodes, signe qu'une méiofaune existe et que son étude serait fructueuse

L'intérêt porté à la méiofaune est lié en grande partie au fait qu'elle est diverse et qu'elle contient des types d'organismes non décrits. L'adaptation de la méiofaune à la vie dans les interstices entre les particules, soit une petite taille (0,2–3 mm) et une forme allongée, a également suscité de l'intérêt. Plus récemment, des études ont été faites de la couche noire anaérobie présente dans les sédiments, et ont montré qu'elle contient une faune spécialisée jusque là inconnue. Plusieurs excellentes études de la méiofaune existent déjà (Fenchel, 1978; Fenchel et Riedl, 1970; Swedmark, 1964; McIntyre, 1969; Hulings et Gray, 1971) et seul un résumé de ces travaux est présenté ici.

Presque tous les types d'animaux marins — des protozoaires aux ascidies — auraient des formes méiobenthiques, mais les groupes dominants sont les nématodes et les protozoaires ciliés. Les nouvelles découvertes comprennent les gnathostomulides (plathelminthes), les archiannélides (polychètes) et les mystacocarides (crustacés).

La présence de divers types de méiofaune est liée à la taille des pores dans les sédiments, donc à la texture. Selon Fenchel (1978) une véritable faune interstitielle n'existe que lorsque la dimension médiane des particules est supérieure à 100µm dans un sédiment bien trié. Dans les sédiments plus fins, ou en présence d'une quantité notable de limon et d'argile, les seules formes qu'on peut s'attendre à trouver sont les nématodes, qui sont capables de fouir. Une variété d'autres organismes peut vivre à la surface. Lorsque la dimension des particules est située entre 100 et 200 µm, les protozoaires ciliés dominent, mais de nombreux nématodes se rencontrent également. Dans les sédiments où la taille des grains est supérieure à 200 µm, les ciliés et les nématodes peuvent être accompagnés d'une gamme diverse d'autres types de méiofaune.

Sauf pour la zone de déferlement, où les vagues se brisent sur les plages exposées à grains grossiers, les sédiments aérobies reposent sur des sédiments anaérobies noirs. Ce système sulfureux se retrouve plus près de la surface lorsque la protection est accrue et que les grains sont plus fins. Ce système était jugé inerte, sauf en ce qui concerne les microorganismes anaérobies, et était donc à peu près délaissé. Les études récentes résumées par Fenchel et Reidl (1970) et Fenchel (1978), ont cependant montré qu'un peuplement relativement divers vit dans cet habitat plutôt particulier mais très étendu. Toutes les plantes supérieures et la plupart des groupes de métazoaires (y compris tous les arthropodes) en sont absents, mais certains groupes d'invertébrés — notamment les plathelminthes, les nématodes, les oligochètes et les gastrotriches — sont présents, en particulier près de la couche oxydée, au niveau de la discontinuité du potentiel d'oxydo-réduction. On ne sait pas avec certitude si de nombreuses espèces sont vraiment anaérobies ou si elles ne font que « plonger » dans le système sulfureux. Sont également présents des champignons, des protozoaires et en particulier des procaryotes comme les algues bleues et les bactéries. Selon Fenchel et Reidl (1970), « plus le système sulfureux déplace le psammon oxydé, plus le sous-système végétal peut s'établir largement ».

Étant donné que les organismes de la méiofaune sont petits et abondants, une petite carotte de substrat contiendra généralement suffisamment de spécimens. Un tube de plastique transparent de 3 à 4 cm de diamètre est enfoncé dans le sédiment à une profondeur de 25 à 30 cm puis retiré avec la carotte. S'il s'agit de prélever simplement la faune aérobie et que les sédiments sont fins, l'échantillon n'a pas à être prélevé vraiment en profondeur. Les sédiments présentent souvent des variations

FIG. 7. Pocologan. Une petite plage concave sablonneuse avec des cailloux arrondis au premier plan sur la portion supérieure.

marquées de la faune, de la texture et d'autres caractéristiques pour de petites différences de profondeur (voir par exemple Jansson, 1967), et la carotte doit être retirée et coupée en échantillons tout de suite après le prélèvement afin que la faune n'ait pas le temps de se redistribuer.

L'extraction des animaux de l'échantillon de substrat est difficile, surtout parce que de nombreuses espèces sont fragiles et qu'il vaut mieux les examiner vivantes pour les identifier. Hulings et Gray (1967) ont décrit des méthodes pour l'étude de divers organismes.

Description de certaines plages de la région de Quoddy

Nous présentons ici de brèves descriptions de certaines caractéristiques environnementales et fauniques de quelques plages dans la région de Quoddy. À cause du marnage important, seules des portions de la zone intertidale ont généralement été étudiées. Ces descriptions sont incomplètes, parce que dans la plupart des cas seuls les macrocrustacés ont été étudiés en détail. La liste de la faune et de la flore de la baie de Fundy que nous avons utilisée est celle de Linkletter *et al.* (1977).

POCOLOGAN

Il s'agit d'une petite plage concave (fig. 7) composée de sable moyen bien trié à tous les niveaux, sauf à a station 7 où du sable graveleux grossier, faiblement trié, se retrouve à peu près au point de déferlement des vagues (fig. 8). La quantité de sable sur la plage était faible et il n'y avait pas de berme ni de faune supratidale. Les seuls organismes observés étaient l'isopode *Chiridotea coeca* dans la zone intertidale et l'amphipode *Gammarus*[1] *lawrencianus* là où un petit cours d'eau traversait la plage (fig. 9). À d'autres endroits de la région de Quoddy, on a trouvé *Chiridotea tuftsi* au-dessous de la basse mer de morte eau et dans la zone infratidale. Seul *Psammonyx nobilis* a été observé au-dessous de la basse mer de morte eau.

ANSE BRANDY, ST. ANDREWS

La distribution de la faune et de la flore a été observée le long d'un transect qui traverse la portion inférieure de la zone intertidale, c'est-à-dire dans la zone de fucus et au-dessous (fig. 10 et 11). La description qui suit est tirée en grande partie de Steele (1964).

Au-dessus de la basse mer de morte eau, le substrat se composait de blocs et de cailloux incorporés dans une matrice de gravier dont la taille diminuait de la station 8 à la station −1. Les stations les plus basses avaient des substrats de sable fin (fig. 12).

[1] Les espèces de ce genre ont été classifiées dans un grand nombre de genres ces dernières années mais jusqu'à ce qu'il y ait consensus parmi les taxonomistes il semble préférable de les placer dans *Gammarus* au sens large.

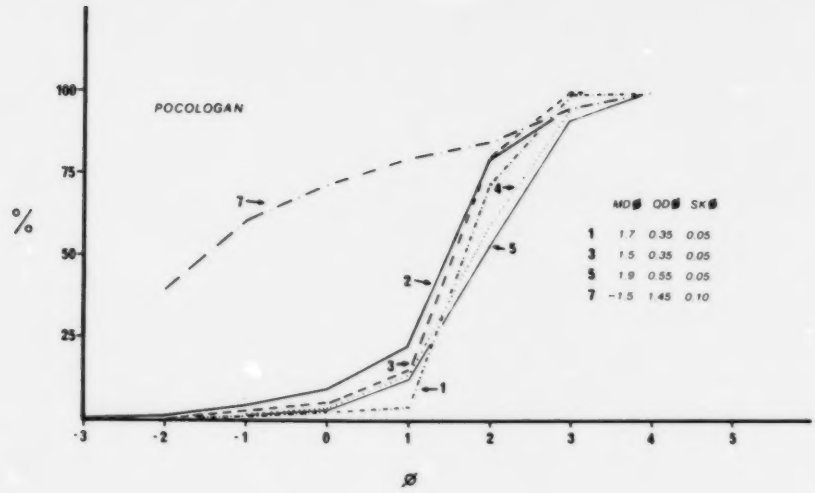


FIG. 8. Analyse de la texture du sable à Pocologan.

La distribution de la faune et de la flore est semblable à celle décrite par Newcombe (1935) et Wells (1974) et est probablement typique d'une grande partie de la région de Quoddy. La portion supérieure est dominée par le fucus, principalement *Ascophyllum nodosum*, accompagné de nombreux *Balanus balanoides* et *Littorina littorea* (fig. 13, 14, 15, 21). C'est surtout entre les stations 3 et –1 que les moules *Mytilus edulis* sont abondantes et visibles (fig. 10, 11, 16, 17, 18 et 21), et leur taille moyenne augmente de la station 8 à la station –1 (fig. 21). Malgré l'abondance de moules et de balanes, le pourpre de l'Atlantique (*Thais lapillus*) est présent en nombre relativement faible, probablement à cause de la position abritée du site. Les stations les plus basses à substrat de sable étaient peu densément peuplées à marée basse. Le buccin commun (*Buccinum undatum*) apparaît sur la portion inférieure mais, selon Gowanloch (1926), il est faiblement adapté à l'émersion et peut ne pas survivre pendant la période de vive eau. L'oursin vert (*Strongylocentrotus droebachiensis*) (fig. 20) abonde mais le clypéaster (*Echinarachnius parma*) (fig. 19) et la crevette *Crangon septemspinosus* (non représentée) sont présents en nombre relativement faible (fig. 21).

Le long du transect, la faune d'isopodes et d'amphipodes est diverse (fig. 22). L'espèce la plus abondante, comme cela est généralement le cas dans ce genre de substrat stable de galets et de blocs, est l'amphipode *Gammarus oceanicus*, qui atteint son abondance maximale et s'étend à son niveau le plus élevé sur la plage en septembre (Steele, 1964). En hiver, cet amphipode migre vers le bas de la plage, comme il le fait également à Terre-Neuve (Steele, 1976). *G. obtusatus* se retrouve à un niveau légèrement plus élevé, également sous les galets, tandis que *G. finmarchicus*, *Hyale nilssoni* ainsi qu'une espèce non identifiée de *Jaera* sont associés au fucus.

G. stoerensis et *G. lawrencianus* se retrouvent tous deux à peu près au niveau de la basse mer de morte eau, et leur présence est probablement associée à la sortie d'eau souterraine à ce niveau. Leur présence selon les saisons est irrégulière. *Ampithoe rubricata* apparaît parmi les paquets de *Mytilus edulis*.

La portion inférieure de la plage, à substrat de sable fin, contient un assemblage divers d'espèces fouisseuses normalement trouvées dans la zone infratidale. Les espèces les plus abondantes sont *Orchomenella minuta*, *Phoxocephalus holbolli* et *Leptocheirus pinguis*.

Bar Road, St. Andrews

La portion supérieure de cette plage, à pente abrupte et à grain grossier, est semblable à celle de l'anse Brandy ou celle de la pointe Indian, mais cette similitude s'arrête là puisque la partie inférieure de la plage est une batture à texture fine (fig. 23). La dimension des particules de la matrice sur la pente diminue avec l'altitude (fig. 24). Seuls les animaux associés à la laisse de pleine mer, notamment *Orchestia platensis*, apparaissent sur la partie supérieure de la plage (fig. 25). Quelques autres espèces, par exemple *Gammarus oceanicus* et *Acmaea testudinalis*, sont associées aux roches situées à la base de la pente vers le niveau de la basse mer de morte eau.

Au-dessous de la basse mer de morte eau, le sédiment est un sable fin en pente très douce (fig. 23). Le sable demeure saturé à basse mer et est l'hôte d'une variété d'espèces typiques de la zone infratidale. Les clypéasters (*Echinarachnius parma*) sont abondants et les oursins rares, contrairement à la situation qui prévaut à l'anse Brandy.

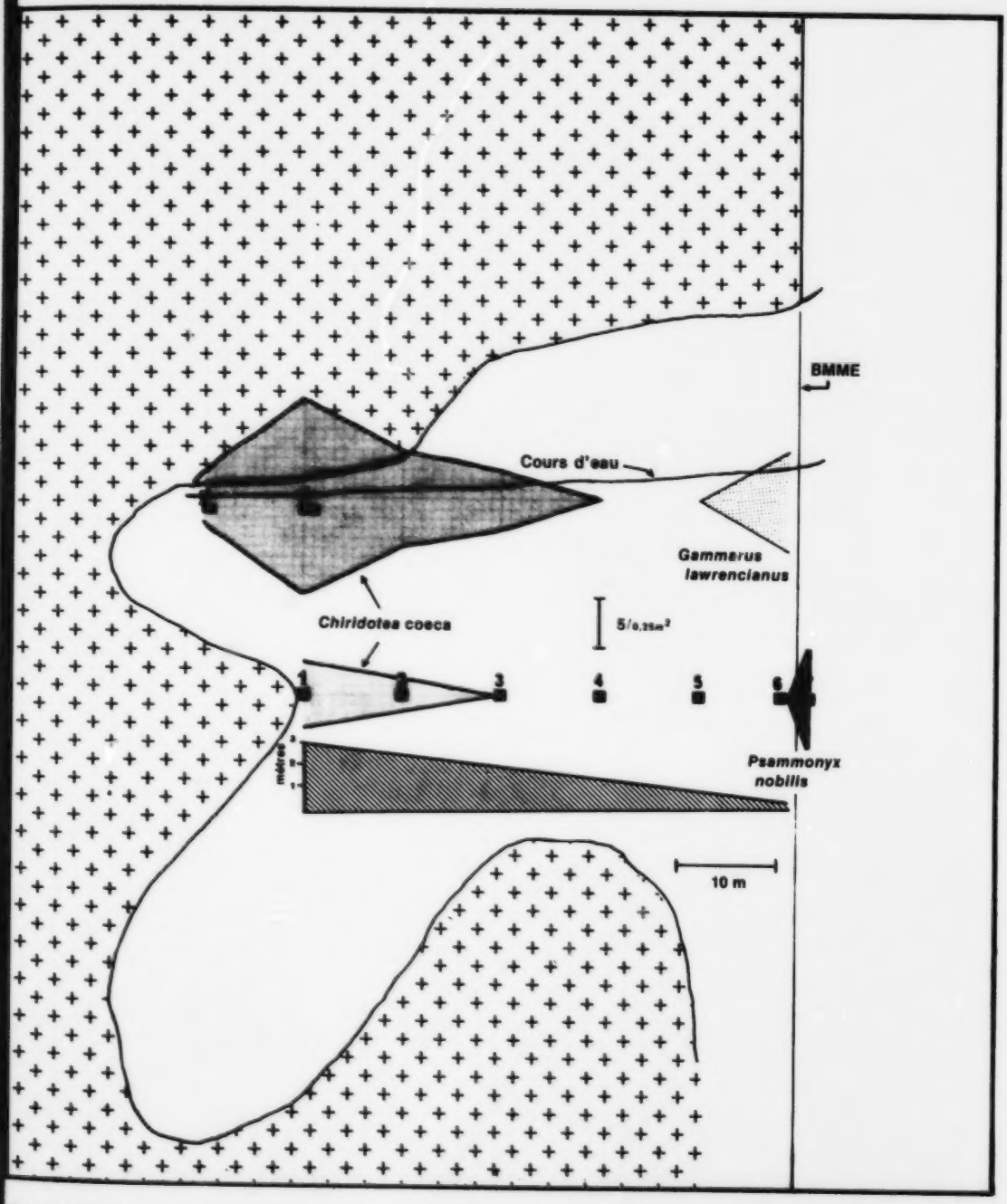


FIG. 9. Distribution des macrocrustacés à Pocologan (28 juillet 1962). Les échantillons ont été prélevés sur deux transects qui traversent la plage de bas en haut. L'un des deux transects traversait un petit cours d'eau. BMME = basse mer de morte eau.

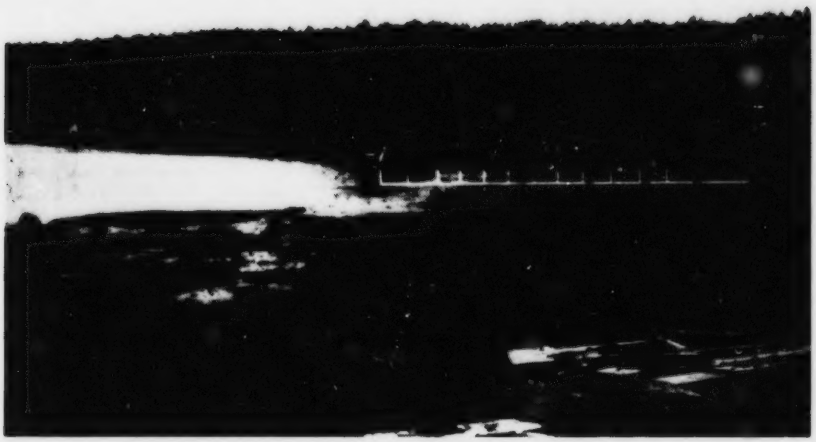


FIG. 10. Anse Brandy, St. Andrews. Les échantillons ont été prélevés le long d'un transect qui s'étend de la falaise à droite jusqu'au niveau de basse mer.

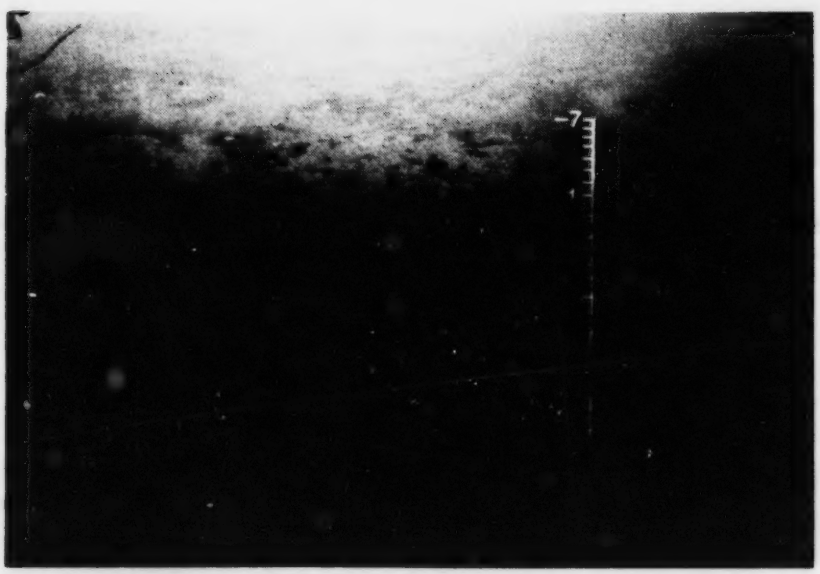


FIG. 11. Anse Brandy, St. Andrews. Vue vers le bas le long du transect allant de la falaise au sommet de la plage. Les stations plus basses sont submergées.

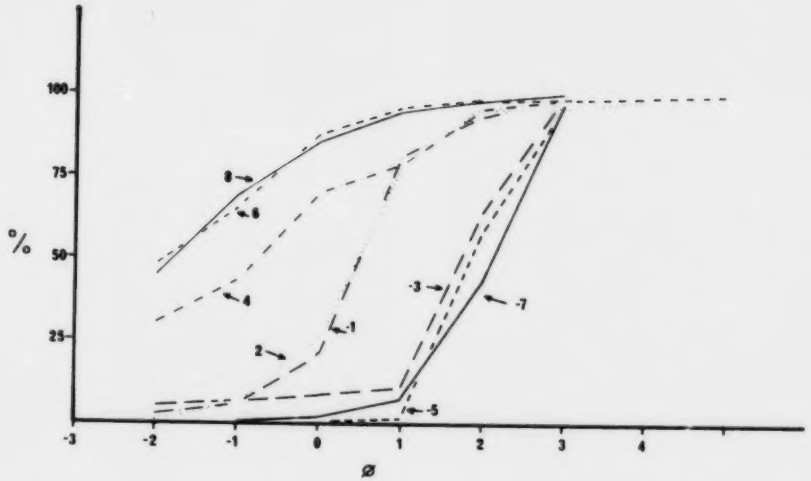


FIG. 12. Analyse de la texture de la matrice et du sable à l'anse Brandy.

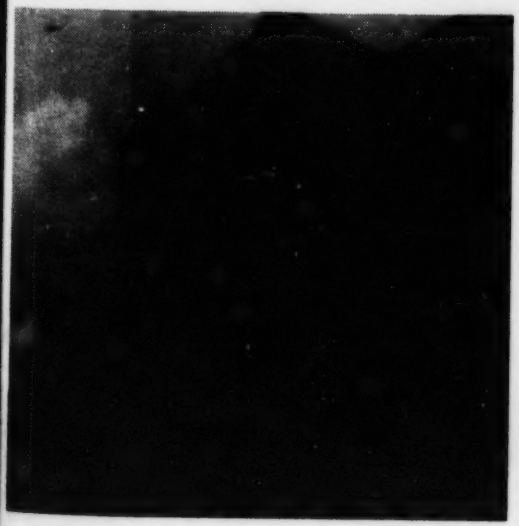


FIG. 13. Présence d'*Ascophyllum nodosum* sur la falaise au-dessus de la station 8.

FIG. 14. Station 7; galets insérés dans le sable, et portant *Balanus balanoides* et *Littorina littorea*.

FIG. 15. Stations 5 et 6; galets insérés dans la matrice, et portant *Balanus balanoides* et *Mytilus edulis*.

FIG. 16. Station 1; paquets de *Mytilus edulis*.

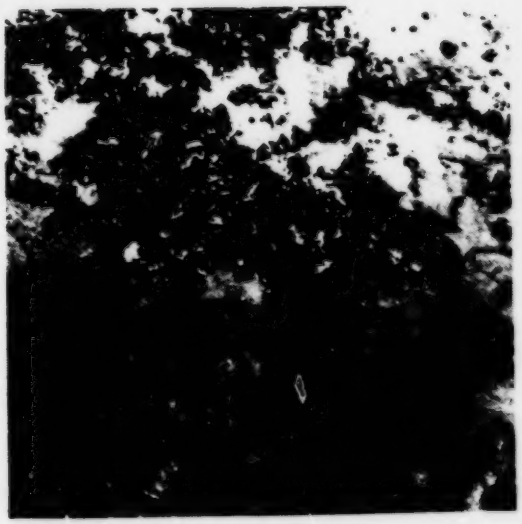


FIG. 17. Stations 2 et 3; sable et *Mytilus edulis* accrochées sur des roches. Le fucus est peu abondant.

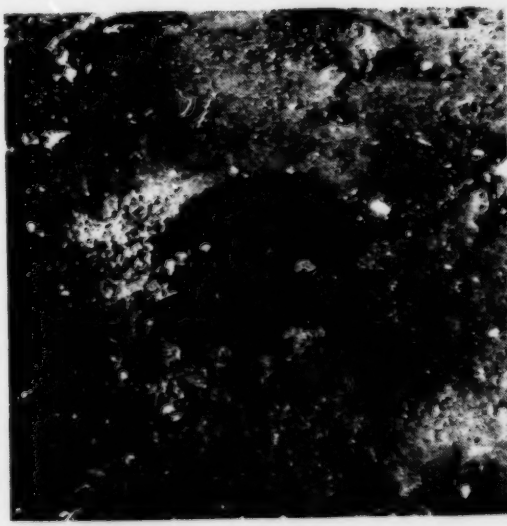


FIG. 18. Station 2; sable et *Pylaiella littoralis*. Les galets insé dans le sable apparaissent délimités par des anneaux de *Myt edulis*.

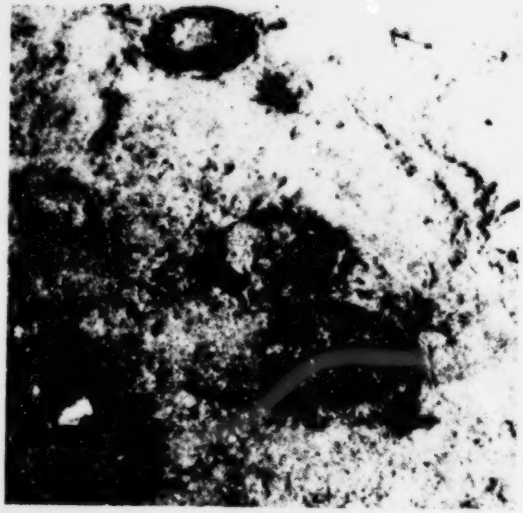


FIG. 19. Station 5; sable et *Echinarachnius parma*.

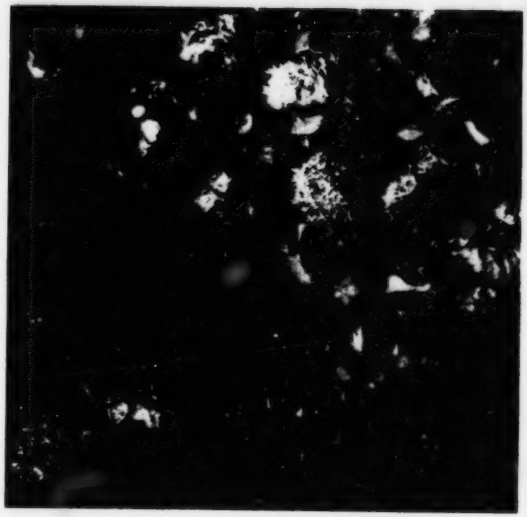


FIG. 20. Station 3; sable et *Strongylocentrotus droebachiensis*.

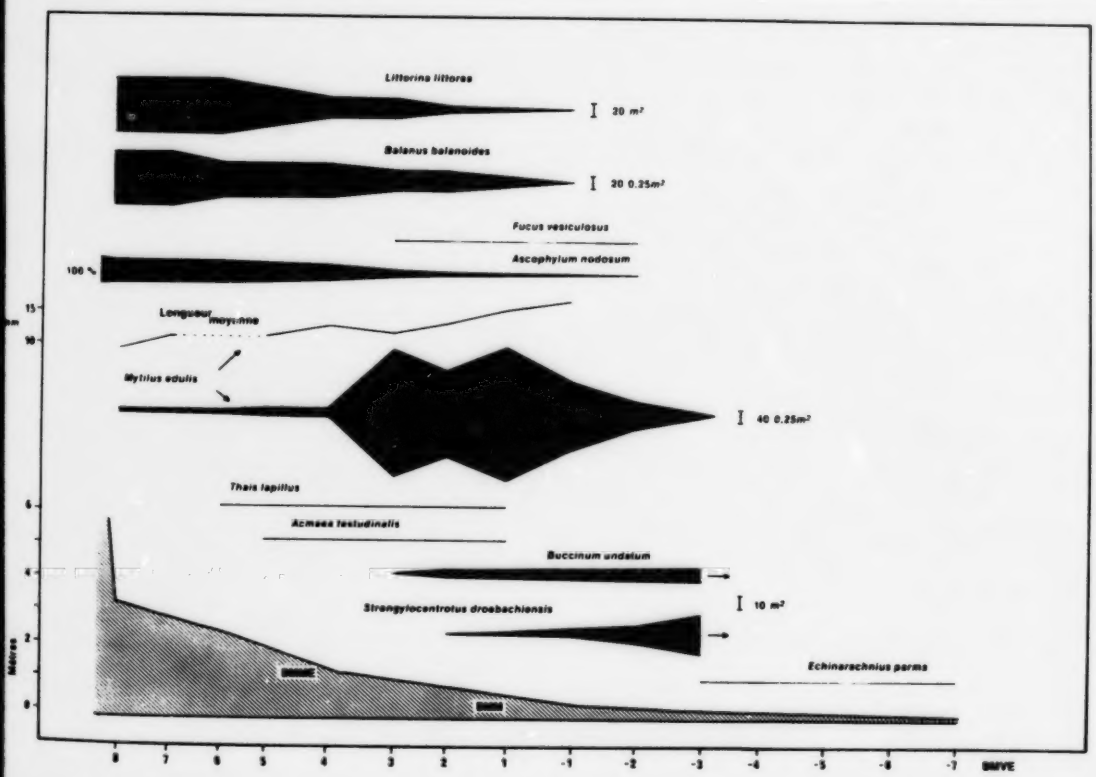


FIG. 21. Distribution de certaines espèces de la flore et de la faune à l'anse Brandy (1960 – 1962). BMVE = basse mer de vive eau; BMME = basse mer de morte eau; BMM = basse mer moyenne.

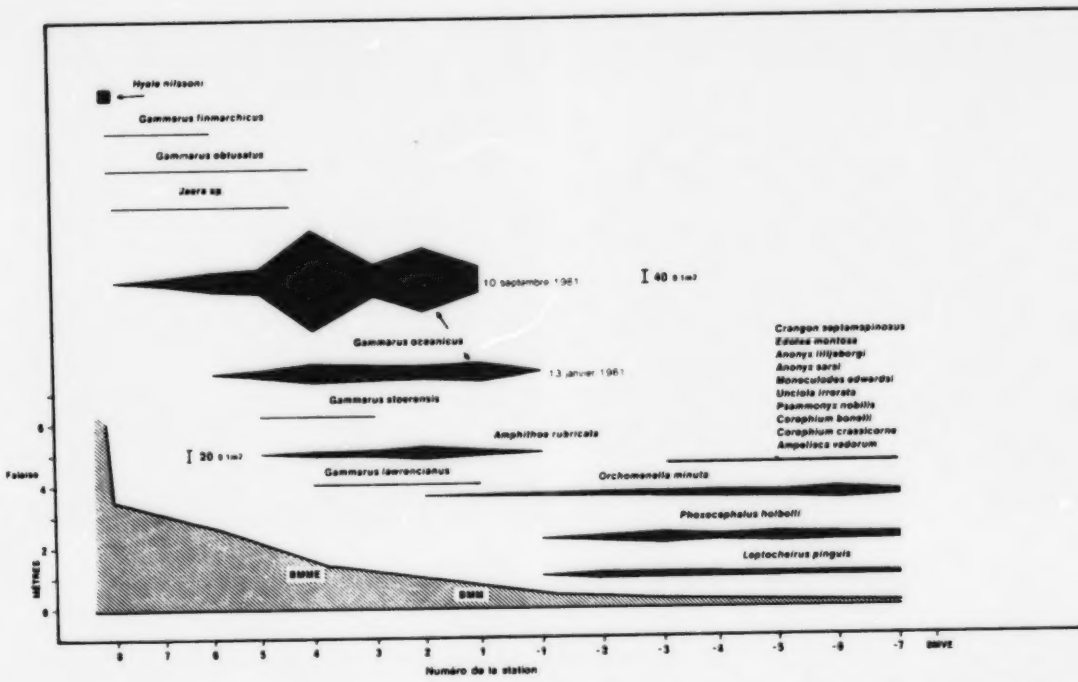


FIG. 22. Distribution des amphipodes et des isopodes à l'anse Brandy (5 septembre 1960), à l'exception de *Gammarus oceanic* Seules des femelles du genre *Jaera* ont été prélevées mais les espèces n'ont pu être identifiées. BMVE = basse mer de vive eau.

FIG. 23. Bar Road, St. Andrews; batture de la plage en direction de la basse mer. La plage demeure saturée à basse mer et les rides en sont absentes. Les amas noirs sont des masses d'algues (*Pylaiella littoralis*).

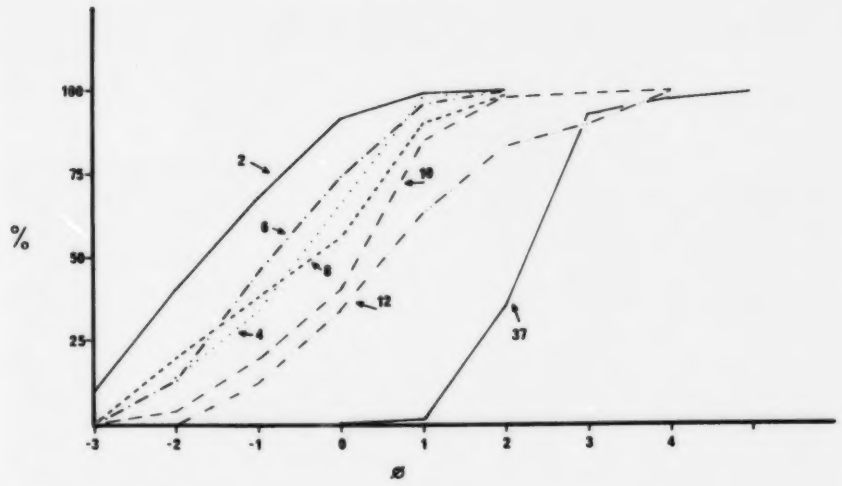


FIG. 24. Bar Road, St. Andrews; analyse de la texture de la matrice et du sable.

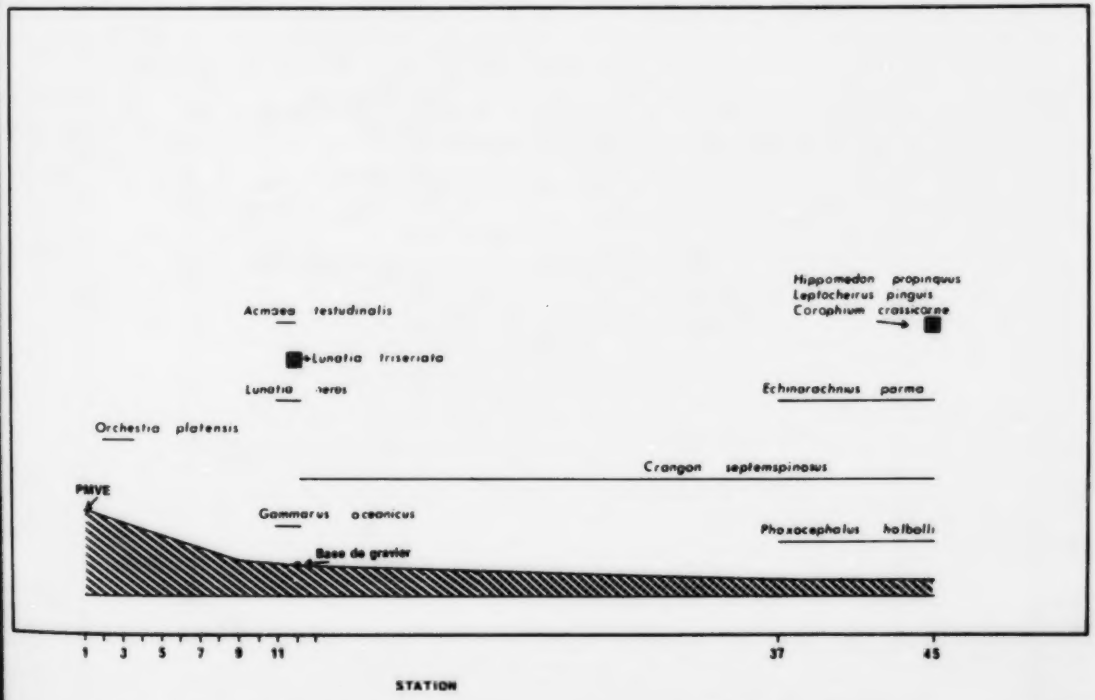


FIG. 25. Bar Road, St. Andrews; distribution de certains organismes (3 septembre 1960). Le profil n'a pas été mesuré et n'est que schématique. Seuls quelques échantillons ont été obtenus sur la batture, et les distributions sont incomplètes. PMVE = pleine mer de vive eau.

FIG. 26. Ruisseau Pottery, St. Andrews. Le cours d'eau traverse la plage depuis la gauche. La pleine mer est indiquée par les billots. Une petite quantité de végétation de marais salés apparaît au premier plan. Des échantillons ont été prélevés à une série de stations le long du cours d'eau.

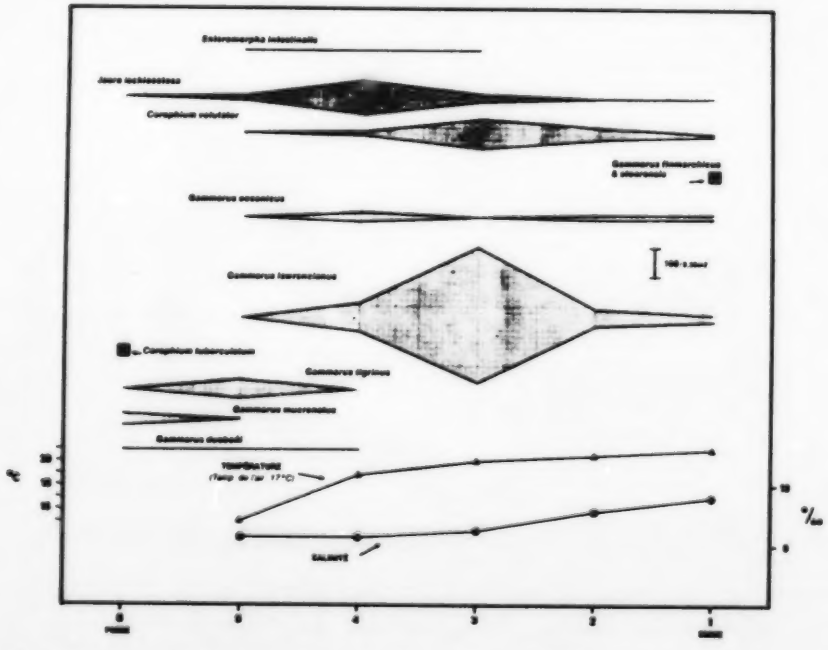


FIG. 27. Distribution de certaines espèces dans la zone intertidale du ruisseau Pottery (19 août 1962). *Corophium volutator* a été prélevé dans la boue à côté du ruisseau. BMME = basse mer de morte eau; PMME = pleine mer de morte eau.

FIG. 28. Anse Bocabec. Un petit cours d'eau descend de la colline à partir de laquelle a été prise la photo et s'écoule sur la plage.

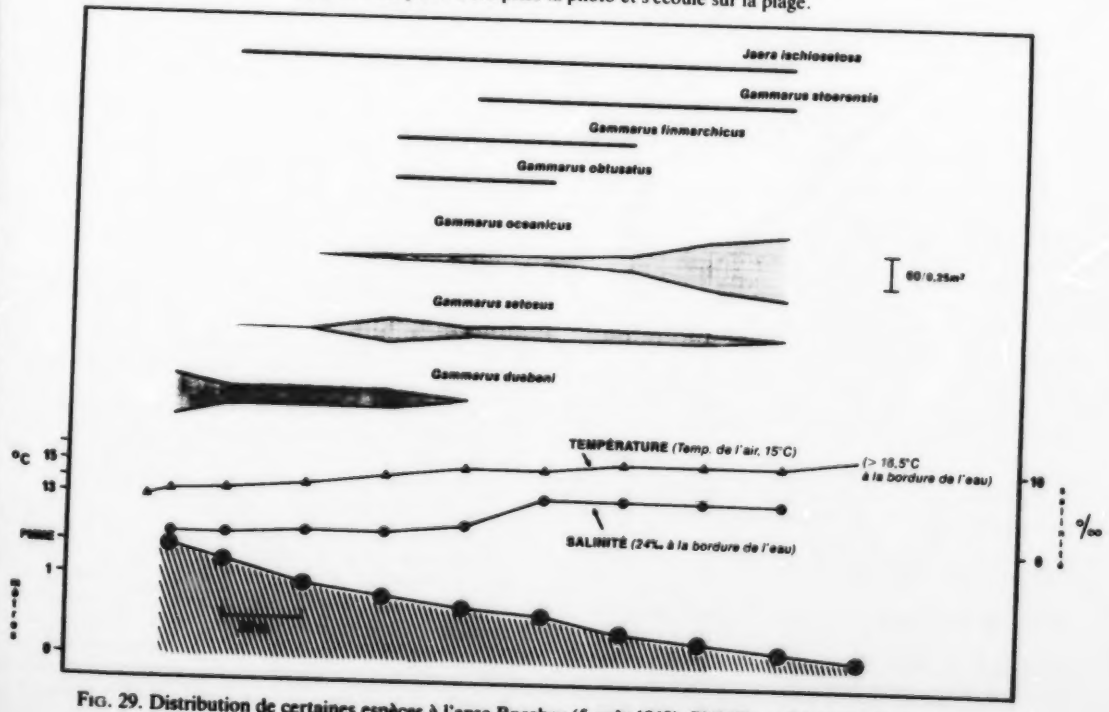


FIG. 29. Distribution de certaines espèces à l'anse Bocabec (5 août 1962). PMME = pleine mer de morte eau.

RUISSEAU POTTERY, ST. ANDREWS, ET ANSE BOCABEC

Ces sites sont représentatifs des points où des rigoles d'eau douce traversent la plage; le ruisseau Pottery (fig. 26) est plus large et ouvert au-dessus de la plage; les températures de l'eau sont donc plus élevées et l'écoulement d'eau plus important. Ces facteurs conditionnent la présence des espèces estuariennes *Gammarus tigrinus*, *G. duebeni*, *G. mucronatus*, *Corophium tuberculatum*, et *Jaera ischiosetosa* ainsi que l'abondance de *G. lawrencianus* (fig. 27).

À l'anse Bocabec, le cours d'eau est plus petit (fig. 28) et est entouré de végétation jusqu'à l'endroit où il commence à traverser la plage. L'eau y est donc plus froide, en particulier dans la portion supérieure, et cela explique peut-être la présence de *G. setosus*. De l'Arctique à Terre-Neuve, *G. setosus* est présent dans le même habitat que *G. oceanicus*, c'est-à-dire sous des roches, mais du sud de Terre-Neuve au Maine, il ne l'est qu'à des sites où se trouve de l'eau douce, comme c'est le cas à l'anse Bocabec. À l'anse Bocabec et plus au nord, jusqu'au Labrador, *G. setosus* se présente légèrement plus haut sur la plage que *G. oceanicus*. Les seules espèces estuariennes relevées à l'anse Bocabec sont *Jaera ischiosetosa* et *G. duebeni* (fig. 29).

Références

BRADFIELD, A.E. 1972. Life in sandy shores. Edward Arnold, Londres. 60 p.

BYERS, S.C., E.L. STEWART ET P.L. STEWART. 1978. A comparison of methods determining organic carbon in marine sediments, with suggestion for a standard method. Hydrobiologia 58 : 43–47.

CRISP, D.J. ET R. WILLIAMS. 1971. Direct measurement of pore-size distribution in artificial and natural deposits and prediction of pore space accessible to interstitial organisms. Mar. Biol. 10 : 214–226.

CUMMING, L.M. 1967. Geology of the Passamaquoddy Bay region, Charlotte County, New Brunswick. Geol. Surv. Can. Pap. 65–29 : 36 p.

CUMMINS, K.W. 1962. An evaluation of some techniques for collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. Am. Midl. Nat. 67 : 477–504.

DALES, N.G. 1974. Bacteria in intertidal sediments : factors related to their distribution. Limnol. Oceanogr. 19 : 509–518.

DELAMARRE DEBOUTTEVILLE, C. 1960. Biologie des eaux souterraines littorales et continentales. Herman, Paris. 240 p.

FENCHEL, T.M. 1978. The ecology of micro- and meiobenthos. Annu. Rev. Ecol. Syst. 9 : 99–121.

FENCHEL, T.M. ET R.J. RIEDL. 1970. The sulphide system : a new biotic community underneath the oxidized layer of marine sand bottoms. Mar. Biol. 7 : 255–268.

FREUNDLICH, H. ET H.L. RODER. 1938. Dilatancy and its relation to thixotrophy. Trans. Faraday Soc. 34 : 308–316.

GERLACH, S.A. 1965. Uber die Fauna in der Gezeitenzone von Spitzbergen. Bot. Gothob. Acta Univ. Gothob. 2 : 3-23.

GOWANLOCH, J.N. 1926. Contributions to the study of marine gastropods II. The intertidal life of *Buccinum undatum*, a study in nonadaptation. Contrib. Can. Biol. Fish. N.S. 3 : 167–177.

HOLME, N.A. ET A.D. MCINTYRE. 1971. Methods for the study of the benthos. Blackwell Sci. Publ., Oxford, R.-U. 334 p.

HULINGS, N.C. ET J.S. GRAY. 1971. A manual for the study of meiofauna. Smithson. Contrib. Zool. 78 : 1–83.

JANSSON, B. 1967. The significance of grain size and pore water content for the interstitial fauna of sandy beaches. Oikos 18 : 311–322.

KING, C.A.M. 1966. Techniques in geomorphology. Edward Arnold, Londres. 342 p.

KRUMBEIN, W.C. 1936. Application of logarithmic moments to size frequency distribution of sediments. J. Sediment. Petrol. 6 : 35–47.

LINKLETTER, L.E., E.I. LORD ET M.J. DADSWELL. 1977. A checklist and catalogue of the marine fauna and flora of the lower Bay of Fundy shore of New Brunswick. Laboratoire maritime Huntsman, St. Andrews (N.-B.). 68 p.

MANN, K.E. 1972. Ecological energetics of the seaweed zone in a marine bay on the Atlantic Coast of Canada. 1. Zonation and biomass of seaweeds. Mar. Biol. 12 : 1–10.

MCINTYRE, A.D. 1969. Ecology of marine meiobenthos. Biol. Rev. 44 : 245–290.

NEWCOMBE, C.L. 1935. Certain environmental factors of a sand beach in the St. Andrews region, New Brunswick, with a preliminary designation of the intertidal communities. J. Ecol. 23 : 334–355.

ROUND, F.E. 1971. Benthic marine diatoms. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev. 9 : 38–139.

SHEPARD, F.P. 1973. Submarine geology. 3e éd. Harper & Row, New York, NY. 517 p.

STEELE, D.H. 1976. Seasonal changes in abundance of *Gammarus oceanicus* (Crustacea, Amphiboda) in Newfoundland. Can. J. Zool. 54 : 2019–2022.

STEELE, J.H. ET I.E. BAIRD. 1968. Production ecology of a sandy beach. Limnol. Oceanogr. 13 : 14–25.

STEELE, V.J. 1964. Reproduction and metabolism in *Gammarus oceanicus* Segerstrale and *Gammarus setosus* Dementieva. Thèse doctorale, Université McGill, Montréal (Québec). 165 p.

SWEDMARK, B. 1964. The interstitial fauna of marine sand. Biol. Rev. 39 : 1–42.

UCHUPI, E. 1963. Sediments on the continental margin off eastern United States. U.S. Geol. Surv. Prof. Pap. 475–C, Art. 94 : C132–C137.

WEBB, J.E. 1958. The ecology of Lagos lagoon V. Some physical properties of lagoon deposits. Philos. Trans. R. Soc. Lond., Ser. B, 241 : 393–419.

WELLS, B.F. 1974. Effects of tidal movement on the feeding of Winter Flounder *Pseudopleuronectes americanus* (Walbaum) in Long Pond, Newfoundland and Brandy Cove, New Brunswick. Thèse de maîtrise, Université Memorial, St. John's (T.-N.). 169 p.

CHAPITRE 6

Cuvettes de marée

M.L.H. THOMAS

Université du Nouveau-Brunswick, Saint-Jean (N.-B.)

Introduction

Le chapitre 4 portait sur les communautés intertidales des côtes rocheuses et certains se demanderont pourquoi les cuvettes de ces côtes n'ont pas été traitées alors. C'est que des études détaillées ont montré que les cuvettes de marée forment un milieu parfaitement isolé de celui des côtes rocheuses. Elles ont des structures et des mécanismes physiques, chimiques et biotiques très particuliers. Elles constituent en quelque sorte un intermédiaire entre le milieu océanique côtier et la zone intertidale bien drainée, livrant ainsi des indices sur les facteurs qui régissent les structures et les mécanismes de ces deux systèmes contigus. Par exemple, elles mettent en relief l'importance du dessèchement sur le rivage même; elles constituent le lieu idéal pour l'observation des phénomènes liés au pH et des réactions-tampons autant que pour l'étude de toutes les formes de variations diurnes et annuelles des paramètres écologiques et des interactions biologiques et écologiques dans les eaux côtières.

N.J. Berrill, l'un des pères de la biologie marine au Canada a écrit : « Si vous vous penchez sur une cuvette de marée et que vous percez le sens de ce qui s'offre à vos yeux, vous avez levé un pan du voile de l'univers » (Berrill, 1951). Avec l'excès que lui permet la licence poétique, l'auteur souligne l'incroyable richesse de la vie et l'abondance des mécanismes physiques, biologiques et chimiques qui ont lieu et qui se prêtent à l'étude. C'est pourquoi les cuvettes de marée sont le sujet idéal d'une bonne variété d'études spécialisées. Elles ont des proportions généralement raisonnables, et leurs écosystèmes simples, du moins à comparer aux écosystèmes sublittoraux, rendent possible la réalisation dans des délais brefs de projets fouillés.

Nous possédons beaucoup de renseignements sur les rivages marins, mais très peu sur les cuvettes de marée, notamment en ce qui concerne leur dynamique. Il n'existe pas de traité sur ces cuvettes, et les ouvrages qui portent sur les côtes en général (Amos, 1966; Carefoot, 1977; Clayton, 1974; Lewis, 1964; Southward, 1966; Stephenson et Stephenson, 1972; Yonge, 1949) ne nous apprennent rien d'important sur leur compte. Cela tient sans aucun doute à la rareté des articles sur le sujet; la bibliographie la plus récente, publiée en 1971 par Ganning, ne mentionne que deux études menées dans la région de la baie de Fundy, celle de Klugh (1924) et celle de Bell (1927). Les deux avaient étudié une série de cuvettes de marée devant la station biologique de St. Andrews, dans un secteur qui a pratiquement disparu avec la construction des quais et des cales. Les autres études régionales mentionnées sont celles de Williams et Williams (1976) sur les cuvettes de la côte nord du Saint-Laurent, celle de Johnson et Skutch (1928) sur les cuvettes du Maine, celle de Sze (1980) sur les algues macrophytes dans les Isles of Shoals et celle de Lubchenco (1978) sur la diversité végétale des cuvettes de marée en Nouvelle-Angleterre et dans la baie de Fundy.

L'écosystème des cuvettes de marée

CLASSEMENT DES CUVETTES DE MARÉE

Malgré leur grande diversité, les cuvettes de marée sont regroupées en plusieurs classes distinctes selon leur position sur le rivage, la source prédominante d'approvisionnement en eau et la fréquence de réapprovisionnement. Malgré l'agencement naturel de ces dernières, très peu de chercheurs ont tenté d'en rationaliser la classification. La plupart se sont contentés de grandes catégories comme cuvettes hautes et basses (Batzli, 1969) ou cuvettes supralittorales, littorales et infralittorales (Gislen, 1930). D'autres chercheurs, par exemple, Levander (1900), ont mis au point des clés, qui ne sont malheureusement applicablesqu'à des secteurs géographiques précis. Le classement général le plus commode a été mis au point par Forsman (1951) et modifié par Ganning (1971), mais il s'intéresse aux cuvettes de la zone supralittorale et de la partie supérieure de la zone intertidale (au-delà du niveau des pleines mers de vive eau); en outre, le marnage est très faible sur les côtes où Forsman et Ganning ont travaillé. Il est nécessaire de remanier davantage le système de ces chercheurs pour le généraliser. C'est ce que nous avons fait ci-dessous.

Type I : cuvettes permanentes d'eau salée — Ce sont des cuvettes alimentées en eau de mer par les marées ou par des vagues fréquentes de sorte que les conditions abiotiques s'apparentent à celles des eaux côtières. Elles sont situées soit entre la pleine mer et la basse mer moyennes des marées de vive eau, soit juste au-dessus de cette zone lorsque les vagues y apportent fréquemment de l'eau de mer. Leur alimentation en eau douce n'est ni forte ni régulière. La taille n'est pas critique, mais ajoute à la variabilité.

Les cuvettes du type I ont un gradient prononcé de caractéristiques dépendant essentiellement de la position par rapport au niveau de basse mer moyenne, mais modifié par le rapport surface / volume, paramètre que nous étudierons plus loin. Les cuvettes sont subdivisées de la façon suivante :

Type IA, bas sur le rivage, au-dessous de la basse mer moyenne de morte eau;

Type IB, bas sur le rivage, entre la basse mer moyenne de morte eau et le niveau moyen des marées;

Type IC, haut sur le rivage, entre le niveau moyen des marées et la pleine mer moyenne de morte eau;

Type ID, haut sur le rivage, au-dessus de la pleine mer moyenne de morte eau, mais recevant des apports réguliers d'eau de mer avec les vagues ou sous l'action des marées.

Toutes les cuvettes de type I ont un biote caractérisé par la prédominance d'espèces intertidales ou à peine infratidales. Ce sont celles qui ont la plus étroite relation avec le système marin. La majorité des cuvettes du type I est formée dans la roche puisque les côtes sédimentaires ont généralement une pente douce et un substrat poreux et perméable à l'eau. Cependant, les cuvettes peuvent contenir différentes quantités de sédiments, notamment lorsqu'elles sont protégées des attaques violentes des vagues.

Les espèces trouvées le plus couramment dans les cuvettes de type I de la région de Quoddy figurent au tableau 1 qui ne mentionne, d'ailleurs, que les seules espèces fixées dans les cuvettes ou qui ne les quittent jamais. Un autre groupe d'algues, notamment *Ascophyllum nodosum* et *Fucus vesiculosus*, laissent généralement leurs frondes pendre dans les cuvettes, de même qu'à l'occasion certaines autres espèces telles que *F. edentatus*, *F. evanescens* et *F. spiralis*. Les cuvettes de type ID, situées le plus haut, abritent généralement d'intenses poussées de *F. distichus* lorsqu'elles se trouvent dans des endroits exposés.

Le tableau 1 montre une considérable gamme d'espèces, mais 103 autres espèces ou variétés y ont été dénombrées en plus. Les cuvettes de type I sont infiniment plus riches que les autres et, à l'intérieur de ce type, il y a généralement appauvrissement à mesure qu'augmente la hauteur de la marée.

Type II : cuvettes temporaires d'eau salée — Ces cuvettes sont habituellement situées haut sur la plage, au-delà des pleines mers de morte eau. Elles sont alimentées en eau par des vagues peu fréquentes, par les embruns ou par la marée. Soit qu'elles soient très petites, soit qu'elles aient un fort rapport de la surface au volume et sont donc asséchées périodiquement. Les facteurs abiotiques sont variables et l'eau est souvent très hypersaline. Il n'y a pas d'apport régulier en eau douce.

Les biotes sont très limités et sont composés essentiellement de l'algue verte *Enteromorpha intestinalis*, la plante caractéristique, de l'algue bleue *Rivularia atra*, des algues bleues du complexe des espèces de *Nostoc* et des lichens du genre *Verrucaria*. Les animaux y sont encore moins nombreux, et la plupart n'y résident pas en permanence. Le gastropode *Littorina saxatilis* s'y trouve fréquemment, de même que le turbellarié *Woodsholia lillei*. On trouve plus rarement des larves de l'insecte *Eristalis* sp.

Type III : cuvettes d'eau saumâtre — Comme celles du type II, ces cuvettes sont situées haut sur la plage, habituellement au-delà de la pleine mer moyenne de vive eau. L'eau salée y est apportée par les éclaboussures et les embruns, et cela ne se produit pas fréquemment. Elles sont régulièrement alimentées en eau douce par le ruissellement, le suintement et la pluie; les cuvettes de type III sont normalement hyposalines. Elles sont très variables en taille et en rapport surface / volume, mais quand elles sont petites ou peu profondes, elles doivent être alimentées régulièrement en eau.

Le milieu y est instable et les formes de vie peu variées. En outre, des sédiments s'accumulent, ce qui a pour effet de contrecarrer la colonisation par les algues macrophytes. L'algue verte *Enteromorpha intestinalis* est l'espèce caractéristique, et y constitue souvent une masse presque monospécifique. Quand il y a une bonne quantité de sédiments, la plante à fleurs *Ruppia maritima* s'y attache souvent. La faune est pauvre, mais on y trouve fréquemment des ostracodes, des copépodes et des turbellariés ainsi que des gastropodes limnéidés et l'épinoche à trois épines *Gasterosteus aculeatus*.

TABLEAU 1. Espèces les plus courantes des cuvettes de marée de type I dans la région de Quoddy; fréquence d'observation au cours de soixante-deux études des cuvettes.

Groupe et espèce	Fréquence (%)
Chlorophycées	
Enteromorpha intestinalis	52
Monostroma sp.	34
Cladophora sp.	6
Phéophycées	
Asperococcus echinatus	13
Ectocarpus sp.	26
Petalonia fascia	24
Punctaria sp.	6
Scytosiphon lomentaria	23
Rhodophycées	
Chondrus crispus	50
Gigartina stellata	8
Hildenbrandia prototypus	44
Lichens	
Verrucaria sp.	13
Plathelmintes	
Notoplana atomata	10
Némertiens	
Lineus ruber	24
Mollusques	
Acmaea testudinalis	42
Hydrobia minuta	27
Littorina littorea	81
Littorina obtusata	52
Littorina saxatilis	71
Thais lapillus	55
Macoma balthica	19
Mya arenaria	32
Mytilus edulis	65
Polychètes	
Potamilla neglecta	8
Crustacés	
Balanus balanoides	66
Carcinus maenas	13
Gammarus oceanicus	92
Jaera marina	13

Type IV : cuvettes permanentes d'eau douce — Ces cuvettes reposent au-delà du niveau extrême de pleine mer de vive eau. Elles restent cependant sous l'influence de la mer et reçoivent une certaine quantité d'eau salée sous forme d'embruns. Dans les secteurs exposés, par exemple, les îles orientales de l'archipel de l'île Deer, les cuvettes de ce type peuvent être situées loin au-dessus du niveau de la mer. Elles sont alimentées régulièrement ou continuellement en eau douce par le ruissellement ou le suintement. Elles sont de taille variable, mais contiennent généralement des sédiments. Bien qu'il s'agisse toujours de cuvettes à caractère maritime, elles sont généralement occupées par des espèces d'eau douce oligohalines. Normalement, la végétation est dominée par des plantes vasculaires, notamment le rubanier (*Sparganium americanum* et *S. angustifolium*), le typha à feuilles larges (*Typha latifolia*) et les joncs et roseaux tels *Juncus balticus* et *Scirpus americanus*. La faune est constituée le plus souvent de punaises d'eau (*Corixa* sp. et *Notonecta* sp.) ainsi que d'un certain nombre de coléoptères et de gastropodes limnéidés.

Type V : cuvettes temporaires d'eau douce — Ces cuvettes, presque invariablement petites et peu profondes, sont situées haut sur le rivage dans la zone d'éclaboussement. Les embruns apportent de petites quantités d'eau de mer, et le ruissellement et la pluie apportent davantage d'eau douce, mais de façon irrégulière. Les cuvettes sont périodiquement asséchées et, par conséquent, sont formées parfois presque uniquement d'eau douce, parfois d'une solution saline saturée. Les conditions de vie y sont extrêmement défavorables, et les cuvettes sont souvent dépourvues de tout macrobiote.

Conditions du milieu dans les cuvettes des côtes rocheuses

Le milieu constitué par les cuvettes de marée est extrêmement variable et dépend du type aussi bien que du rapport surface / volume, facteur d'importance : la variabilité est nettement accrue quand ce facteur est élevé. Autres facteurs importants, l'orientation et la topographie des environs modifient l'exposition au soleil et au vent. La nature du lit de la cuvette et la quantité comme la nature des communautés qui l'habitent ont aussi des effets marqués (Ambler et Chapman, 1950; Chapman, 1964; Ganning, 1971; Klugh, 1924; Stephenson *et al.*, 1934).

Les cuvettes ont aussi des cycles annuels, journaliers et tidaux; les marées font particulièrement sentir leur effet dans les cuvettes des niveaux inférieurs et, quand celles-ci sont submergées, il se produit parfois des changements spectaculaires et presque instantanés. Les cuvettes situées plus haut sont peu ou pas influencées par les marées, mais subissent habituellement des variations annuelles et diurnes plus prononcées.

Il y a eu peu d'études à long terme sur les systèmes des cuvettes des côtes rocheuses, exception faite de celles de Ganning (1971) en Suède, d'Ambler et Chapman (1950) en Nouvelle-Zélande, de Pyefinch (1943) au pays de Galles et de la présente étude dans la région de Quoddy. La poursuite des travaux prouvera sans doute que les cuvettes présentent des caractères encore plus variables qu'on ne l'avait imaginé jusqu'ici.

Les principales variables sont détaillées ci-dessous.

Salinité — La fourchette totale de salinité observée dans les cuvettes de marée va de 0 ‰ (eau douce) à plus de 300 ‰ (eau de mer saturée). Toutefois, seules les cuvettes du type V peuvent présenter des caractères aussi extrêmes.

La salinité est déterminée ou modifiée de quatre façons principales : par l'addition d'eau de mer, par l'évaporation, par l'addition d'eau douce et par le gel. En outre, Ganning (1971) a montré que la salinité des cuvettes situées haut sur le rivage peut diminuer ou augmenter avec la pluie. Une augmentation de la salinité a été observée dans des cuvettes du type IV par suite de pluies légèrement salines poussées par un vent du large.

Les cuvettes alimentées partiellement par l'eau de ruissellement ou l'eau de pluie acquièrent parfois une nette stratification saline, spécialement quand l'eau est tout à fait calme. À St. Andrews, on a observé plusieurs fois une cuvette du type IC qui présentait une halocline séparant une eau douce presque pure en surface d'une eau salée à 26–28 ‰ au fond malgré le peu de profondeur (8 à 10 cm). La figure 1 donne un profil typique de salinité observé dans cette cuvette qui révèle une halocline très nette. Ce genre de cuvette abrite habituellement des communautés algales tout à fait différentes dans chaque étage.

Il reste que, normalement, la plupart des cuvettes du type I varient très peu en salinité durant leurs courtes périodes d'exposition à l'air libre, sauf sous des pluies torrentielles et, là encore, les eaux du fond ne changent quasiment pas de salinité, qui est normalement de 26–30 ‰ dans la région. Au contraire, les cuvettes de type II et de type V varient beaucoup et, habituellement, les changements se produisent assez vite à comparer aux autres milieux marins. Ganning (1971) a observé un taux de variation de 1 à 5 ‰ par semaine dans les grandes cuvettes profondes, mais de 1 à 5 ‰ par jour dans les petites cuvettes à fort rapport superficie / volume. L'auteur fait aussi remarquer que la composition ionique de l'eau de ces cuvettes de haut niveau est différente de celle de l'eau de mer; il y a beaucoup de magnésium, de bicarbonate, de phosphore et d'ammoniac.

Le gel provoque une augmentation de salinité parce que la glace contient toujours moins de sel que l'eau. Durant le gel, il s'établit souvent une stratification puisque le manteau de glace protège l'eau de toute turbulence, ce qui donne le temps à la couche très saline d'eau formée à l'interface glace–eau de couler en l'absence de brassage. Il se produit une situation semblable quand la glace fond et que l'eau douce reste en surface. Le gradient de salinité entre le fond et la surface des cuvettes couvertes de glace peut dépasser 10 ‰ (Ganning, 1971).

On s'attendrait à ce que les extrêmes de salinité enregistrés dans les cuvettes imposent un grand stress au biote, mais, la plupart du temps, les changements sont très lents et quand ils sont rapides, par exemple, dans une cuvette aux eaux stratifiées, les formes vivantes peuvent éviter de s'y exposer (Newell, 1979; Ganning, 1971). Ganning conclut que tous les membres permanents des écosystèmes constitués dans les cuvettes de marée peuvent tolérer ou

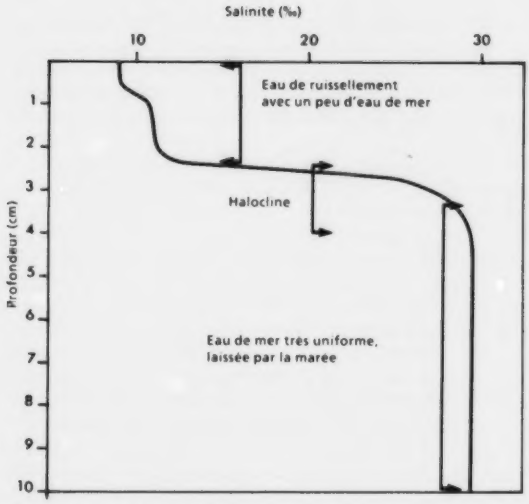


FIG. 1. Profil de la salinité en fonction de la profondeur à la pointe Holey, à 16 h 55 le 29 avril 1980, 3 heures après que la marée s'est retirée.

éviter des fluctuations de salinité beaucoup plus importantes que celles produites naturellement.

Température — De tous les facteurs, c'est la température de l'air qui agit le plus sur la température des cuvettes, sauf celles de type I. Le rayonnement solaire a aussi un rôle important. La température des cuvettes de type I s'approche de la température ambiante quand ces dernières sont exposées à l'air, mais les cuvettes prennent la température de l'eau de mer quand elles sont submergées. Toutes les cuvettes se rapprochent d'autant plus de la température ambiante que leur rapport superficie / volume est élevé. Cela va de soi, car la roche entourant la cuvette assure un certain effet tampon. Dans les cuvettes bas sur le rivage et à faible rapport superficie / volume, cet effet permet parfois de garder la température de la cuvette au voisinage de celle de l'eau de mer. La température de toutes les cuvettes exposées à l'air libre peut diminuer légèrement à cause de l'évaporation. Les cuvettes au lit de couleur foncée ou couvert d'une abondante végétation sont réchauffées plus vite que les autres à cause de l'albédo.

C'est l'eau superficielle des cuvettes qui manifeste les plus grandes variations annuelles ou diurnes. Le plus grand écart de température en 24 heures relevé dans une cuvette de type I de la région fut lorsque la température de la cuvette passa de 3,5 à 20°C en avril. Ganning (1971) a trouvé en Suède des écarts quotidiens atteignant 15°C et Pyefinch (1943) en a trouvé qui atteignaient 12,5°C au pays de Galles. En Nouvelle-Zélande, Ambler et Chapman (1950) ont enregistré des variations atteignant 15,5°C. Il peut sans doute se manifester des écarts plus importants. Les variations annuelles sont évidemment plus considérables encore. Ainsi, la température de certaines cuvettes de type I de la région de Quoddy varie entre −0,7 et 30°C. Dans le Maine, Femino et Mathieson (1980) ont relevé une fourchette annuelle de −6 à 31°C dans une cuvette de type II; Ganning (1971) en a relevé une de 0 à 32°C en Suède. Sous un climat tempéré, le fourchettes de température se rétrécissent pour passer d 18 à 35°C, par exemple, au Japon (Utinomi *et al.*, 1950) e de 4 à 25°C en Méditerranée (Vacelet, 1969). Sous le tropiques, la température atteint parfois un maximum d 42°C (Pearse, 1932), mais les fourchettes de variation annuelles et diurnes restent assez serrées.

Dans la région de Quoddy, où l'eau de mer rest fraîche (chap. 2), il y a parfois de rapides chutes de tempé rature l'été quand la marée envahit une cuvette. La tem pérature d'une cuvette étudiée en juillet 1964 tomba d 24,7 à 12,7°C en 5 minutes quand la mer l'atteignit (fig. 2

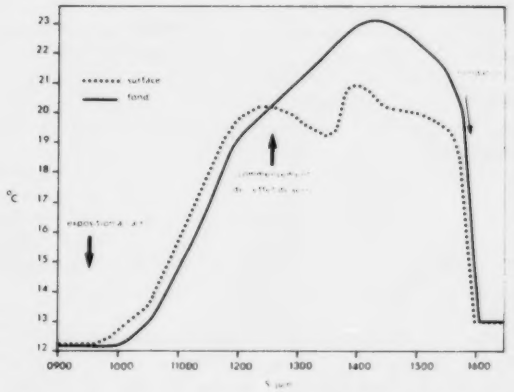


FIG. 2. Régime thermique en superficie et au fond de la cuvette à la pointe Holey entre 9 h et 16 h 30 le 5 juin 1980.

Il y a rarement une stratification thermique dans le cuvettes de la région, sauf quand il s'est établi une stratifi cation saline. La plupart des cuvettes sont isothermes. L refroidissement à la surface et le réchauffement par inso lation créent des zones instables de densité qui finissen par produire un brassage des eaux. Ailleurs, les che cheurs trouvent souvent une stratification thermique dan les cuvettes isohalines durant le jour, ce qui est à prévoi quand le réchauffement direct par l'air est le principa agent.

La stratification thermique inverse constitue un phé nomène intéressant et souvent observé dans les cuvette ayant une couche superficielle d'eau à salinité réduite Cet effet, qu'on appelle l'effet de serre, est obtenu quan les eaux profondes salées sont chauffées par le rayonne ment solaire qui traverse la couche superficielle d'ea douce. L'effet est maximal par temps clair et quand l couche superficielle est en mouvement. Dans une cuvett de ce type, à St. Andrews, la température en profondeu dépasse souvent de 4,5°C la température superficielle Des écarts beaucoup plus grands sont possibles. La figur 2 donne la température en surface et en profondeur d'un cuvette stratifiée et montre l'effet de l'envahissement pa les eaux de marée.

Les concentrations d'algues dans les cuvettes fon monter la température (Clark, 1968) ou la font baisse (Ganning, 1971).

Les écarts de température dans les cuvettes des côtes rocheuses dépassent rarement les seuils de résistance des organismes qui y habitent. Il reste que la faune et la flore y présentent souvent des optimums d'activité bien marqués (Ganning, 1971; Newell, 1979).

Oxygène dissous — Les cuvettes sont alimentées en oxygène par les plantes autotrophes quand l'intensité de la lumière ambiante dépasse le seuil de compensation. Dans tous les autres cas, on relève une consommation nette due à tous les organismes macroscopiques. La teneur en oxygène augmente donc le jour et diminue la nuit. Chaque fois que la concentration dans les cuvettes est différente de celle de l'air, de l'oxygène passera d'un côté ou de l'autre de l'interface eau-air en fonction de sa concentration, de la température et des mouvements de l'air et de l'eau superficielle. Les niveaux de saturation sont inversement proportionnels à la température : les cuvettes très chaudes la nuit contiennent vraisemblablement très peu d'oxygène. Dans la région, les concentrations sont rarement en dessous de 2,4 ppm (saturation à 27 %, environ) dans les cuvettes de type I, ce qui se produit habituellement en présence de pourriture d'algues. Ailleurs, la concentration en oxygène semble rester à un niveau bien supérieur. Pyefinch (1943) n'a trouvé aucun cas à moins de 95 % de saturation et Utinomi *et al.* (1950) ont enregistré des minimums de 90 % de saturation au Japon. En Suède, Ganning (1971) obtint 0,06 mg/L de O_2, soit 0,7 % de saturation, à 40 cm de profondeur alors que le maximum dans le jour avait atteint 6,2 mg/L de O_2, soit 75 % de saturation. Ganning et Wulff (1969) enregistrèrent un minimum de 3 % de saturation dans une cuvette de la mer Baltique.

Les cas de très haute concentration d'oxygène sont peut-être plus intéressants que les précédents. Les cuvettes de marée semblent manifester régulièrement des niveaux maximums d'oxygène supérieurs à ceux de tous les autres écosystèmes aquatiques. Ganning (1971) a observé un cas où l'oxygène sursaturait son milieu à 361 %, en Suède, et Utinomi *et al.* (1950), ont, pour leur part, observé un cas au Japon où la saturation atteignait 305 %. Dans les cuvettes de la région de Quoddy, le maximum trouvé correspondait à 363 % du degré de saturation mais, à plusieurs reprises, la concentration n'était plus mesurable tellement elle était élevée. Les niveaux de concentration à 200 % de saturation sont courants car l'oxygène dépasse 20 ppm dans l'eau par temps chaud.

Le niveau d'oxygène passe généralement par un minimum entre 2 h et 4 h et par un maximum entre 13 h et 14 h. La figure 3 montre une situation typique dans une cuvette de la région. Les plus fortes concentrations sont typiquement obtenues dans les cuvettes riches en populations d'algues vertes, l'été, aux niveaux supérieurs de la marée.

Il ne semble pas que les organismes vivant dans les cuvettes aient de la difficulté à s'accommoder des concentrations normales. Il reste cependant que nous avons peu de données expérimentales sur cette question. Les renseignements à notre disposition, résumés par Newell (1979), laissent à penser que certains animaux ont de la difficulté dans l'eau de mer hyperoxygénée (Ganning, 1967). Aux niveaux élevés de saturation en oxygène, le corps des animaux est souvent couvert de petites bulles.

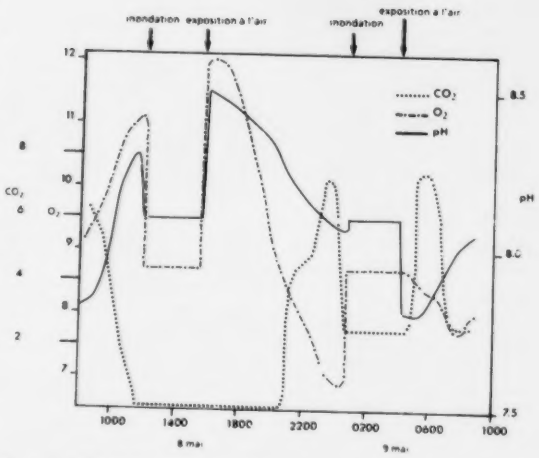


FIG. 3. Variations diurnes typiques du pH et de la teneur en oxygène et en gaz carbonique dans une cuvette de marée de type I de la région de Quoddy.

Gaz carbonique — Les fluctuations quotidiennes de la teneur en gaz carbonique sont à l'inverse de celles de l'oxygène puisque le gaz carbonique est produit par la respiration et fixé par la photosynthèse. Cependant, son cycle est plus complexe que celui de l'oxygène puisqu'il intervient dans les réactions d'équilibre du pH et du carbonate (Broeker, 1974). Dans la région, le cycle normalement observé dans les cuvettes exposées et occupées par des plantes montre une diminution de la concentration du CO_2 jusqu'à sa disparition complète (ce qui est probablement en corrélation avec le pH 7,5 au-delà duquel il ne peut plus y avoir de CO_2 libre) juste après l'aube; le niveau reste à zéro tout au cours de la journée et se remet à grimper juste avant la brunante. La nuit, il progresse régulièrement et atteint parfois 50 ppm entre 2 h et 4 h, le niveau courant pour la nuit s'établissant entre 15 et 25 ppm. La figure 3 donne une courbe diurne typique du CO_2 dans une cuvette de type I de la région de Quoddy.

Concentration de l'ion hydrogène — Dans les cuvettes de marée, le pH est en étroite corrélation avec la concentration d'oxygène et de gaz carbonique en équilibre biologique. Davy de Virville (1934-1935) et Ganning (1971) ont observé des variations quotidiennes du pH de 2 unités dans les cuvettes occupées par des plantes. Un pH 10 était souvent relevé le jour, mais il tombait à 8 la nuit venue. Ganning (1971) et Ganning et Wulff (1969) ont enregistré des maximums estivaux atteignant 10,3 dans les cuvettes de types II et III et qui tombaient à 7,5 au cours de l'hiver. Par ailleurs, les cuvettes des types IV et V avaient des maximums inférieurs de 8,2 et 6,9, respectivement. Les cuvettes de type I avaient un pH qui fluctuait entre 9,3 et 7,5. Dans la région, le pH dans les cuvettes de type I, l'été, varie souvent entre 7,5 et 9,5, mais atteint 10 à l'occasion alors que la nuit, il peut tomber (3,5) dans certaines cuvettes, notament quand il y a des algues en putréfaction. Femino et Mathieson (1980) et Atkins (1922) ont émis l'hypothèse que le pH a beaucoup d'effet sur les algues des cuvettes. Ils font valoir que les algues

vertes très productrices s'accommodent de grands écarts de pH que les algues brunes et les algues rouges ne peuvent tolérer.

Le graphique diurne du pH en fonction du temps comporte souvent un plateau entre le pH 8,1 et le pH 8,3, soit la plage de pH à l'intérieur de laquelle l'eau de mer exerce son effet tampon. La figure 3 montre ce phénomène de même que les variations diurnes typiques.

Stabilité physique — Les cuvettes de marée sont toujours formées dans des dépressions du rivage et sont fréquemment entourées de crêtes ou de proéminences rocheuses, qui offrent une certaine protection contre l'attaque des vagues. Par ailleurs, on est surpris de constater que des cuvettes qui n'ont presque pas de ces protections semblent aussi très abritées. C'est un critère peu chiffrable, mais on a observé dans la région de Fundy que de délicats quadrillages de ficelle et que des éprouvettes en verre non fixées résistaient même par très mauvais temps durant la submersion par la marée. Au cours d'expériences menées juste au nord-est de notre région, au cap Musquash (N.-B.), il a été montré que des boules de plâtre de Paris semblables à celles décrites par Muus (1967) perdaient de leur masse en proportion des mouvements d'eau autour d'elles. Nos boules, de 2,8 cm de diamètre, étaient faites en plâtre de Paris de Domtar; un oeillet y était implanté avec la vis à l'extérieur. Les boules étaient ensuite séchées, pesées et fixées sur le rivage en les vissant dans des coins de bois de pin enfoncés au marteau dans les fissures de la roche. Les boules étaient disposées par incréments de 20 % du marnage moyen entre 0 % et 120 %, et aussi dans deux petites cuvettes peu profondes à 35 % et à 95 % du marnage. Les deux cuvettes n'étaient pas protégées latéralement ni du côté de la mer, mais se trouvaient au pied de pentes de rocher. Les paires de boules étaient exposées pendant deux cycles de marée complets (24,5 h) et ensuite remplacées. Les tests ont été effectués en juin et juillet 1979. Il est apparu que, malgré leur immersion constante, les boules placées dans les cuvettes perdaient régulièrement moins de poids que les boules du rivage adjacent. Par exemple, les boules placées au niveau 20 % perdaient en moyenne 70,4 % de leur masse alors que celles placées au niveau 40 % en perdaient en moyenne 78,3 %, mais celles de la cuvette située à 35 % ne perdaient en moyenne que 56,1 % de leur masse. L'écart était encore plus marqué avec les boules de la cuvette supérieure. Les pertes de masse étaient de 81,7 % en moyenne au niveau 100 % et de 68 % au niveau 80 % alors que dans la cuvette au niveau 95 %, la moyenne n'était que de 33,3 %. Dans un test mené en parallèle avec du ruban d'arpentage en vinyle (2,9 cm de largeur et 65 cm de longueur) attaché aux mêmes coins, aucun ruban ne fut perdu dans la cuvette inférieure mais une moyenne de 15,1 % fut perdue sur le rivage adjacent. La perte fut de 3,2 % dans la cuvette supérieure, chiffre à comparer à une moyenne de 14,5 % sur le rivage adjacent. Bien qu'aucune des méthodes ne puisse être étalonnée avec précision en termes de mode des vagues, elles fournissent quand même un indice des forces auxquelles les organismes sont exposés. Les deux méthodes montrent que même les petites cuvettes offrent un milieu mieux protégé que le rivage avoisinant.

Sur les neuf cuvettes étudiées à St. Andrews pendant 10 ans, huit sont restées raisonnablement constantes en dimension et en forme. Par exemple, la cuvette nº 8, formée dans une légère dépression rocheuse et à lit de nature sédimentaire, a gardé une superficie moyenne de 36,6 m^2 avec un écart type de 3,01 m^2 au cours d'une période de 7 ans. Au cours de la même période, le volume est resté d'en moyenne 1,54 m^3 avec un écart-type de 0,13 m^3. Une cuvette plus petite (nº 4) a gardé une superficie moyenne de 3,49 m^2 (S = 0,58 m^2) et un volume de 0,12 m^3 (S = 0,03 m^3). D'autres cuvettes ont un degré semblable de variation tenant principalement à l'écart différent entre le moment des relevés et celui de l'exposition aux marées, ainsi qu'au drainage qui est modifié par la présence des algues. Cependant, la cuvette nº 1, située au niveau moyen de pleine mer, a continuellement diminué de grandeur au rythme suivant : 1974, 0,69 m^2, 0,040 m^3; 1975, 0,64 m^2, 0,035 m^3; 1976, 0,48 m^2, 0,014 m^3. La cuvette a disparu en 1977. On a établi un lien entre sa disparition et une augmentation du drainage par une fente dans le grès.

Sur les neuf cuvettes étudiées à St. Andrews pendant 10 ans, huit sont restées raisonnablement constantes en dimension et en forme. Par exemple, la cuvette nº 8, formée dans une légère dépression rocheuse et à lit de nature sédimentaire, a gardé une superficie moyenne de 36,6 m^2 avec un écart type de 3,01 m^2 au cours d'une période de 7 ans. Au cours de la même période, le volume est resté d'en moyenne 1,54 m^3 avec un écart type de 0,13 m^3. Une cuvette plus petite (nº 4) a gardé une superficie moyenne de 3,49 m^2 (S = 0,58 m^2) et un volume de 0,12 m^3 (S = 0,03 m^3). D'autres cuvettes ont un degré semblable de variation tenant principalement à l'écart différent entre le moment des relevés et celui de l'exposition aux marées, ainsi qu'au drainage qui est modifié par la présence des algues. Cependant, la cuvette nº 1, située au niveau moyen de pleine mer, a continuellement diminué de grandeur au rythme suivant : 1974, 0,69 m^2, 0,040 m^3; 1975, 0,64 m^2, 0,035 m^3; 1976, 0,48 m^2, 0,014 m^3. La cuvette a disparu en 1977. On a établi un lien entre sa disparition et une augmentation du drainage par une fente dans le grès.

Caractéristiques biotiques des cuvettes

Succession — La structure et le fonctionnement des cuvettes de marée n'ont jamais reçu autant d'attention que l'habitat constitué par les côtes rocheuses (chap. 4) et nous connaissons très mal les mécanismes qui régissent le développement et la stabilité des communautés qui habitent dans ces cuvettes. Il reste que le renouvellement cyclique naturel et les phénomènes de succession à court terme ont fait l'objet de certaines études. Ganning (1966, 1971) et Clark (1968) ont étudié les changements annuels observés dans la faune des cuvettes supralittorales et ils ont décrit la croissance surprenante et typique de l'algue verte *Enteromorpha intestinalis* au printemps et au début de l'été. Bell (1927) et Femino et Mathieson (1980) se sont intéressés aux changements annuels ou saisonniers des populations algales dans les cuvettes de marée de St.

Andrews (N.-B.) et de Bald Head Cliff (Maine), respectivement. Par ailleurs, Lubchenco (1978) a étudié la diversité spécifique de la flore dans les cuvettes de marée de la Nouvelle-Angleterre et de la baie de Fundy. Femino et Mathieson ont trouvé que les algues rouges et brunes prédominaient dans les cuvettes situées bas sur la plage et que les algues vertes prédominaient dans les cuvettes supérieures. La plupart des algues rouges et brunes étaient vivaces et la plupart des algues vertes, annuelles; c'est pourquoi les cuvettes supérieures montraient le plus de variations annuelles. Certaines cuvettes comptaient deux fois plus de taxons au milieu de l'été qu'au milieu de l'hiver. Bell (1927), qui a travaillé sur 13 cuvettes à St. Andrews, a observé les conditions du milieu de juin à septembre 1926 seulement; il a trouvé qu'*Enteromorpha prolifera*, *Scytosiphon lomentaria*, *Petalonia fascia* et *Halosaccion ramentacium* fanaient durant l'été tandis qu'*Ascophyllum nodosum*, *Fucus vesiculosus* et *Chondrus crispus* restaient vigoureux. Dans les cuvettes étudiées récemment à la pointe Holey, la prolifération rapide des algues vertes, notamment *Enteromorpha intestinalis*, *E. prolifera*, *Monostroma* sp. et *Cladophora* sp., a été observée dans les cuvettes de types IC et ID. Les cuvettes de types IA et IB, par ailleurs, gardaient une variété remarquablement stable de taxons et une biomasse virtuellement constante l'année durant.

Diversité et structure trophique — Les cuvettes de marée sont généralement petites et assez instables : par conséquent, elles présentent assez peu de diversité biologique et les structures trophiques y sont simples. La liste des 131 espèces trouvées dans les cuvettes de la région de Quoddy est comparable à celle des côtes rocheuses. Que l'on sache, il n'y a pas d'espèces cantonnées aux trous d'eau des rochers ou aux cuvettes de marée; la faible envergure de leurs systèmes ne facilite pas l'apparition de nouvelles espèces. Les variables écologiques sont sensiblement les mêmes sur la côte exposée et dans les cuvettes, à l'exception des facteurs associés à l'exposition directe à l'air, qui n'agissent pas sur le biote des cuvettes. Beaucoup d'espèces algales, notamment *Corallina officinalis*, *Halosaccion ramentaceum*, *Lithothamnion* sp., *Polysiphonia urceolata*, *Spongomorpha arcta*, *Laminaria* sp., *Alaria esculenta*, *Pylaiella littoralis* et *Porphyra miniata* se retrouvent plus haut sur le rivage quand elles sont abritées dans une cuvette que quand elles sont à l'air libre, ce qui n'est pas le cas d'autres espèces comme *Monostroma* sp., *Enteromorpha* sp., *Ectocarpus* sp. *Petalonia fascia*, *Ceramium rubrum*, *Chondrus crispus*, *Hildenbrandia* sp., *Palmaria palmata* et *Petrocelis middendorfi* (Femino et Mathieson, 1980). On trouve l'équivalent faunique avec *Taelia felina*, *Diadumene leucolena*, *Littorina obtusata*, *L. littorea*, *Acmaea testudinalis*, *Thais lapillus*, *Modiolus modiolus*, *Mya arenaria*, *Macoma balthica* et *Carcinus maenas*, dont l'aire d'occupation remonte vers le haut du rivage dans les cuvettes, au contraire d'autres espèces telles *Littorina saxatilis*, *Gammarus oceanicus* et *Jaera marina*.

Quelques espèces couramment trouvées sur le rivage n'apparaissent que rarement dans les cuvettes. Parmi les algues, c'est le cas d'*Ascophyllum nodosum* et de *Fucus*

TABLEAU 2. Hauteur moyenne, superficie, volume et biomasse (g/m², poids humide) des cuvettes de marées étudiées à St. Andrews (N.-B.)

	Numéro et type des cuvettes								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ID	IC	IB	IC	IB	IC	II	IC	IC
Hauteur au-dessus de la BMM (m)	5,4	3,6	1,8	4,2	1,1	4,0	5,6	4,5	4,2
Superficie (m^2)	0,60	1,72	0,7	3,49	1,47	19,8	5,0	37,3	1,7
Volume (m^3)	0,03	0,09	0,04	0,12	0,05	1,12	0,14	1,60	0,06
Biomasse moyenne des autotrophes	853,6	1086,0	559,0	1255,4	177,3	1316,0	93,5	484,0	5124,3
Biomasse moyenne des herbivores	1085,6 (20,5)[a]	295,1	34,5	101,1	24,9	417,4	52,8	121,45 (21,45)[a]	637,5
Biomasse moyenne des carnivores	5,2	4,2	1,33	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Biomasse moyenne des détritivores	299,8	5,2	0,0	3,47	1,4	0,0	0,0	666,3	0,0

[a] À l'exclusion de *Mya arenaria*, parfois détritivore.

vesiculosus (Femino et Mathieson, 1980); parmi les animaux, c'est le cas de *Sertularia pumilla*, de *Potamilla neglecta* et de *Flustrellidra hispida*, rarement observés dans les cuvettes de la région de Quoddy.

Comme l'ont fait remarquer Femino et Mathieson (1980) et Ganning (1971), les cuvettes situées bas dans la zone intertidale présentent plus de diversité, et leur structure trophique est plus complexe que celle des autres. Cette observation s'applique aussi aux cuvettes de la région de Quoddy : celles du type ID contiennent rarement plus de 15 espèces tandis que celles du type IA en comptent souvent plus de 50. De même, la pyramide alimentaire gagne en complexité à mesure que l'on descend sur le rivage. La structure trophique des cuvettes est normalement caractérisée par la forte prépondérance des autotrophes et, souvent, par le nombre réduit de carnivores, sinon par leur absence. Il faut cependant garder à l'esprit que les cuvettes sont visitées par des carnivores de passage durant la pleine mer et durant la basse mer : poissons, crustacés, oiseaux et mammifères. Le tableau 1 donne la liste des principales espèces trouvées dans les cuvettes de la région de Quoddy. Pour les avoir mesurées, nous savons qu'il existe de considérables variations de la biomasse des autotrophes par rapport à celle des hétérotrophes dans les cuvettes de type I. Le tableau 2 donne les valeurs moyennes, avec la hauteur des marées et le type, la superficie et le volume des cuvettes. La biomasse moyenne des autotrophes variait entre 5 124 et 94 g/m^2, avec une moyenne globale de 1 216,49 g/m^2. La biomasse maximum a été mesurée dans les cuvettes de type IC avec une moyenne globale de 1 853 g/m^2, et c'est dans la seule cuvette de type II que la biomasse était au minimum. Celle des herbivores variait davantage, de 1 085 à 25 g/m^2; cependant, deux des cuvettes à biomasse élevée abritaient des populations de *Mya arenaria*, qui est également détritivore. En excluant *Mya*, la biomasse moyenne globale des herbivores s'établissait à 178,4 g/m^2. La biomasse des carnivores n'était jamais importante et variait entre 5,2 et 0 g/m^2, avec une moyenne globale de 1,19 g/m^2. Les détritivores constituaient le groupe présentant le plus de variations, de 666,3 à 0 g/m^2 et de 688 à 0 g/m^2 en comptant *Mya arenaria*. La moyenne globale s'établissait à 108,5 g/m^2 en excluant *M. arenaria* et à 237,9 g/m^2 en l'incluant. Le rapport général des autotrophes aux herbivores et aux carnivores était de 100 à 15 à 1, c'est-à-dire très proche du rapport « idéal » de 100 à 10 à 1, et il ne fait pas de doute que l'écart observé dépendait en partie du fait que nos mesures de poids étaient faites sur des sujets vivants. Les mesures de poids de ce type conduisent presque toujours à une surestimation quand il y a des mollusques à coquille, comme c'est le cas ici, parmi les herbivores. Cependant, un autre groupe important de consommateurs, les détritivores, avait une biomasse moyenne supérieure à celle des herbivores. Si l'on classe les détritivores parmi les hétérotrophes, ce dernier groupe devient beaucoup plus important qu'on ne s'y attendrait, puisqu'il dépasse de 30 % celui des autotrophes. Ce déséquilibre illustre le fait que les cuvettes des côtes rocheuses captent les détritus du fait de leur position. En outre, nous l'avons montré, les cuvettes offrent un milieu qui tempère l'action des vagues et agissent comme bassins de sédimentation. Il est intéressant de noter que les cuvettes riches en détritivores ont d'épaisses couches de sédiment, ce qui confirme leurs rôles de collecteurs et de bassins de sédimentation. Quelques cuvettes semblent présenter une production excédentaire d'autotrophes, ce qui pourrait traduire une exportation nette, mais la plupart semblent avoir presque atteint un équilibre trophique fondé sur l'importation. Cependant, quand on les considère une à une, la stabilité à long terme de leur biomasse semble indiquer une stabilité trophique, qui est le produit des interactions avec les systèmes avoisinants.

Les espèces communes, leur importance et les rapports trophiques qu'elles entretiennent, d'après nos connaissances, permettent de construire une pyramide alimentaire typique des cuvettes de type I de la région de Quoddy (fig. 4).

Les cuvettes de marée abritent des formes animales mobiles et sédentaires. Beaucoup des premières arrivent et partent avec les marées. On a pu montrer lors de marquages dans la région de Quoddy que les bigorneaux (*Littorina* sp.) sont très mobiles. La faune et la flore sont toutes deux exploitées par les herbivores et les carnivores de passage. Il est vrai qu'il y a peu d'espèces des cuvettes qui ne se retrouvent également sur le rivage, mais la plupart de ces espèces apparaissent dans le contenu stomacal des poissons qui se nourrissent dans la zone intertidale à marée haute. Dans la région de Quoddy, nous savons qu'il s'agit principalement du poulamon (*Microgadus tomcod*), de la plie rouge (*Pseudopleuronectes americanus*) et de jeunes merlus (*Merluccius* sp.). *Hydrobia minuta*, un gastropode présent dans les cuvettes seulement, a aussi été trouvé dans le contenu stomacal des poissons. À marée basse, le goéland argenté (*Larus argentatus*) s'y nourrit parfois, et le raton laveur (*Procyon lotor*) laisse souvent ses pistes dans le fond boueux des cuvettes.

Refuges constitués par les cuvettes de marée — Dethier (1980) a émis l'hypothèse selon laquelle les cuvettes situées au-dessus du niveau moyen de pleine mer serviraient de refuge contre la prédation à certaines espèces. Il a observé que le copépode *Tigriopos californicus* n'était observé que dans les cuvettes supérieures, mais qu'il pouvait survivre et se reproduire dans les cuvettes intertidales. Quand ses prédateurs ont été introduits dans des cuvettes supérieures, la population des copépodes a décru rapidement. Il est probable que d'autres espèces des cuvettes supérieures sont dans la même situation.

Schémas de production — La question de la production primaire dans les cuvettes des côtes rocheuses n'a jamais été beaucoup étudiée et devrait faire l'objet de recherches. Dans la région de Quoddy, des expériences sur l'oxygène réalisées avec des bouteilles éclairées et obscures contenant l'eau des cuvettes, à des endroits très divers, ne donnent normalement pas de résultats, spécialement quand la cuvette a été isolée de la mer pendant quelque temps. La méthode n'est pas très sensible, mais les résultats laissent penser que l'activité phytoplanctonique est faible. Les numérations effectuées confirment généralement cette observation. Apparemment, les herbivores filtreurs, dont la biomasse est élevée, consomment rapidement le phytoplancton. Néanmoins, la production peut atteindre 35 mg·m^{-3}·h^{-1} de C dans l'eau

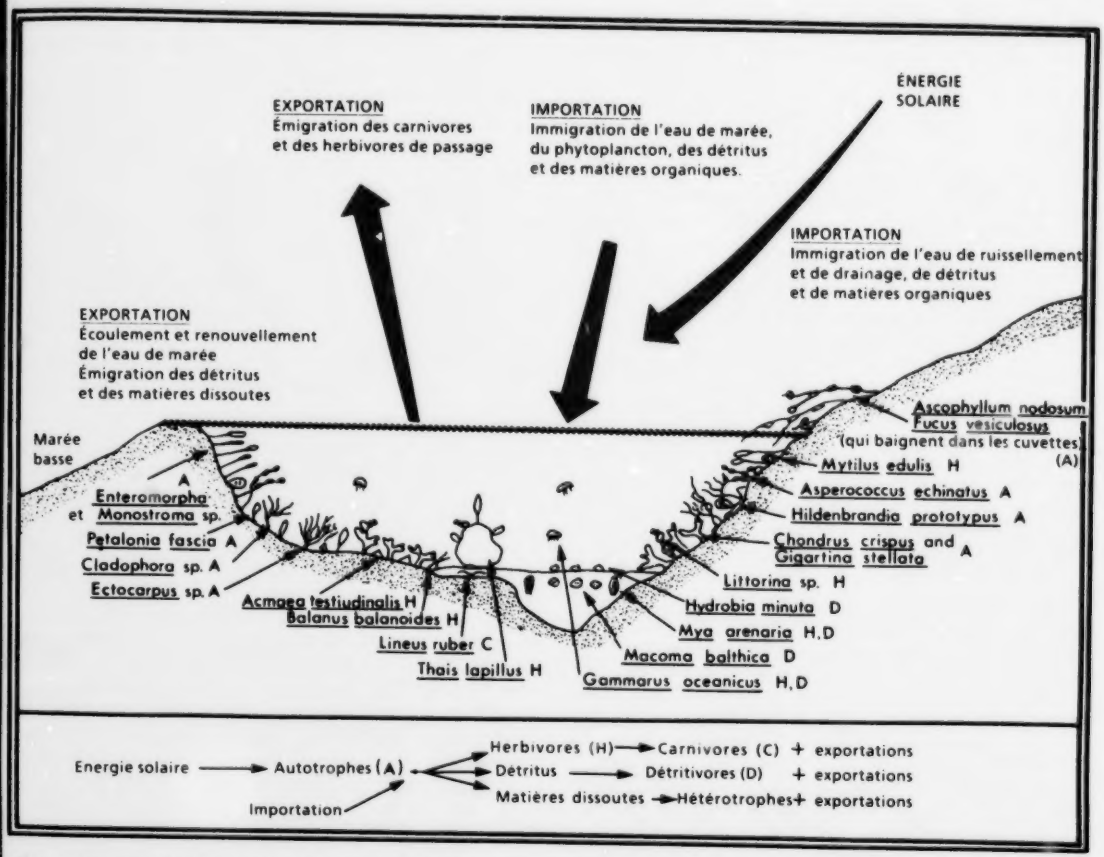


FIG. 4. Structure biotique et trophique généralisée d'une cuvette de marée de type I, région de Quoddy.

de cuvettes isolées depuis peu. La production d'un certain nombre des macrophytes communs a été mesurée dans diverses conditions.

Le tableau 3 donne la production nette moyenne en grammes d'algues (poids du matériel vivant) et par mètre carré de superficie de la cuvette. Il y a beaucoup de variations, les écarts types en font foi, mais on relève une production nette importante dans les cuvettes. En gros, les algues vertes comme *Enteromorpha intestinalis*, *Monostroma* sp. et *Cladophora* sp. sont beaucoup plus productives que les algues rouges et les algues brunes. Parmi ces dernières, la seule espèce ayant une production comparable à celle des algues vertes est *Asperococcus echinatus* qui contribue relativement peu à la production par unité de surface vu sa faible biomasse. Quand on prend la production par unité de surface, les grosses algues brunes qui trempent en grande quantité dans les cuvettes ont une grosse production malgré leur faible productivité.

Des études menées dans les cuvettes de la région de Quoddy ont aussi montré que, au début de l'été, *Ascophyllum nodosum* perdait ses réceptacles dans l'eau des cuvettes où ceux-ci se décomposaient lentement. Ces détritus ont été examinés avec les bouteilles éclairées et obscures. Les réceptacles tombés avaient en moyenne une production nette faible (0,003 $g \cdot g^{-1} \cdot h^{-1}$ de C), mais une production brute plus élevée (0,034 $g \cdot g^{-1} \cdot h^{-1}$ de C). Ils fournissent des détritus organiques et, en outre, ont une certaine production nette.

Les plantes microscopiques qui se trouvent à la surface des sédiments ont aussi une production importante. Il est difficile de les isoler pour les étudier, mais on parvient facilement à étudier l'ensemble de la communauté sédimentaire en mesurant la concentration d'oxygène à l'intérieur d'une boîte de verre (qu'on peut rendre obscure avec du papier d'aluminium) enfoncée dans les sédiments. Plusieurs de ces expériences ont été effectuées dans la cuvette nº 8 de St. Andrews, dont le fond est surtout constitué de sédiments. Le tableau 2 montre que cette cuvette possède une forte population d'herbivores et de détritivores sur et dans le sable boueux (*Macoma balthica*, *Mya arenaria* et *Hydrobia minuta*); les expériences tiennent compte de l'oxygène qui intervient dans leur respiration. Dans sept séries d'expériences réalisées avec la boîte, les résultats suivants ont été obtenus : une production brute moyenne de 140,49 (S = 198,08), une production nette moyenne de 10,32 (S = 78,56) et une respiration de 130,17 (S = 256,35), résultats exprimés en

TABLEAU 3. Photosynthèse nette moyenne et écarts types pour différentes espèces d'algues communes dans les cuvettes de marée de la région de Quoddy (mg de carbone).

Espèces	Production nette moyenne/ g/h	Écart type	Production nette moyenne/ m^2/d	Écart type	Nombre de mesures
Ascophyllum nodosum[a]	0,105	0,113	711,36	1095,17	19
Asperococcus echinatus	1,017	0,833	204,44	328,46	4
Chondrus crispus	0,175	0,220	333,98	413,32	12
Cladophora sp.	0,609	0,883	2594,84	5192,52	5
Ectocarpus sp.	0,315	—	30,36	—	1
Enteromorpha intestinalis	0,994	1,985	938,21	1208,87	11
Fucus vesiculosus[a]	0,083	0,334	2063,71	10420,02	19
Monostroma sp.	1,797	1,727	5607,20	13670,96	4
Petalonia fascia	0,115	—	3262,17	—	3
Scytosiphon lomentaria	0,003	—	0,02	—	1

[a] Mesures effectuées avec des plantes qui trempaient dans les cuvettes.

$mg \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$ de C. Bref, il y a le plus souvent production nette durant le jour. Les algues macrophytes qui se tiennent à la bordure des cuvettes ont été exclues des expériences car elles contribuent à la production nette durant le jour (Ganning et Wulff, 1970).

On peut calculer le bilan diurne approximatif production / respiration en supposant qu'il y a production pendant 10 heures et respiration pendant 24 heures. Sur cette base, les cuvettes à forte concentration végétale ont un surplus net en carbone alors que les cuvettes à forte concentration d'hétérotrophes sont dans la situation inverse.

Il y a eu peu de travaux sur le bilan des substances nutritives dans les cuvettes de marée, mais Ganning et Wulff (1970) se sont intéressés à la question des concentrations élevées de phosphate qui apparaissent dans certaines cuvettes supralittorales. Dans la région de Quoddy, la concentration des nitrates et des phosphates est habituellement faible dans les cuvettes, mais quand il y a décomposition d'algues, il semble qu'elle remonte. Cet aspect mérite d'être étudié davantage puisqu'il apparaît que certaines cuvettes pourraient constituer d'importants sites de minéralisation.

Méthodes d'étude des cuvettes de marée

RELEVÉS

Quand on trace une carte précise d'une cuvette sur une côte rocheuse, on veut connaître ses dimensions, sa forme, sa position à la boussole, sa superficie et son volume. Idéalement, la carte devrait aussi montrer la zone avoisinante avec les pentes, les dénivellations, etc.

Il existe une façon simple et précise de procéder : il suffit de disposer un cadre rectangulaire en bois ou en ficelle autour de la cuvette en frôlant les bords le plus possible. Le cadre doit être gradué à intervalles rapprochés. On trace le contour de la cuvette en prenant des points sur son périmètre et en mesurant sur des transects la distance les séparant transversalement et longitudinalement du cadre. On utilise les mêmes transects pour mesurer la profondeur de la cuvette à intervalles assez fréquents. L'orientation de la cuvette est déterminée à l'aide d'une boussole placée sur l'un des axes du cadre. On peut alors reproduire sur papier graphique le contour de la cuvette et les profondeurs à l'échelle. Les intervalles entre les points varient considérablement selon la grandeur et la forme de la cuvette. Quand celle-ci est assez régulière et que le fond en est assez plat, il suffit d'un nombre limité de mesures tandis que les cartes des cuvettes irrégulières doivent être détaillées.

À partir du graphique, la superficie peut être mesurée avec un planimètre ou par la méthode du papier découpé et pesé : on pèse une feuille de papier correspondant à une unité de superficie, et on compare son poids à celui d'une feuille de même taille dans laquelle le contour de la cuvette a été découpé. On obtient ainsi :

$$\text{superficie de la cuvette} = \frac{\text{poids de la cuvette en papier}}{\text{poids de la feuille de départ}}$$

Cette dernière méthode est beaucoup plus rapide et plus souple que la méthode au planimètre. Elle peut aussi être adaptée pour le calcul des superficies entre des courbes de niveau ou pour déterminer la superficie occupée par des espèces ou des communautés.

La façon la plus simple de calculer le volume de l'étang est de multiplier la profondeur moyenne par la superficie. (Nota : employer les mêmes unités de mesure, soit des cm et cm^2, soit des m et m^2.) On parvient à un calcul plus précis en additionnant les volumes entre les courbes de niveau, mais cela est rarement nécessaire.

La hauteur de l'étang par rapport à la basse mer moyenne est un autre important paramètre. Il existe deux façon commodes de l'obtenir. La première est d'avoir recours à la méthode d'arpentage décrite en détail au chapitre 4 et dans Thomas (1976), qui prend comme niveau de référence celui de la basse mer de la journée choisie, en effectuant les corrections pour la hauteur des marées et l'emplacement. La deuxième méthode est un peu plus rapide, mais probablement moins précise. Cette fois, on relève l'heure à laquelle la marée atteint le niveau de l'étang, de préférence en deux occasions au moins. On trouve alors le niveau de l'étang par rapport au zéro des cartes en appliquant la méthode décrite dans les tables des marées de l'Amirauté britannique (*British Admiralty Tide*

Tables) (Anonyme, 1979). Cette méthode, basée sur l'emploi d'une série de courbes cosinus pour déterminer par interpolation la hauteur de la marée entre la pleine mer et la basse mer, est beaucoup plus précise que la méthode décrite dans les tables canadiennes (Anonyme, 1980) car cette dernière, basée sur des tableaux, demande des approximations. Celle-ci donne cependant des résultats raisonnables quand on prend la moyenne de plusieurs résultats.

Dans tous les cas, il importe d'exprimer la hauteur en termes de distance donnée en mètres au-dessus de la basse mer moyenne (BMM). La hauteur de la BMM au-dessus du zéro des cartes en différents endroits de la région de Quoddy apparaît au tableau 4 du chapitre 4. Le tableau 3 du même chapitre donne les écarts horaires et de hauteur pour différents emplacements.

Paramètres physiques et chimiques

Remarques préliminaires — La petitesse de la plupart des cuvettes et leur profondeur généralement faible constituent le principal obstacle à l'emploi des techniques classiques d'étude sur le terrain. S'intéresser à des phénomènes comme la stratification nous condamne à prélever nos échantillons dans une aire encore plus réduite. En conséquence, la plupart des techniques courantes et des instruments ordinaires ne sont pas utilisables. Le choix doit être prudent si l'on veut obtenir des résultats significatifs tout en protégeant le milieu. Il faut aussi éviter d'agiter l'eau avant de prendre des lectures ou de prélever des échantillons, à moins que des résultats globaux ne soient suffisants.

Température — Le thermomètre à thermistor électronique constitue le meilleur instrument. On en trouve qui ont de très petites sondes et qui offrent l'avantage additionnel de rester en place et de fournir des lectures à distance (p. ex., durant les périodes d'inondation par la marée). Pour obtenir les résultats les plus précis, tenir la sonde horizontalement plutôt que verticalement dans l'eau à cause de sa forme habituellement allongée. En procédant délicatement, l'opérateur peut effectuer les mesures par tranche de 5 mm de profondeur en déplaçant la sonde le long d'une règle appuyée sur le fond. Pour relever les écarts de température d'un endroit à l'autre employer les points qui servent à la cartographie des cuvettes.

Salinité — La salinité est probablement le paramètre le plus difficile à mesurer avec précision dans les cuvettes. On obtient les meilleurs résultats avec un salinomètre à conductivité ou un réfractomètre. Les sondes de conductivité sont très souvent fort compactes et peuvent servir à mesurer la stratification saline pourvu que les deux électrodes de la sonde soient tenues horizontalement. Il ne faut pas oublier que ce type de mesure de la salinité demande une correction en fonction de la température. Cette fonction est automatique dans la plupart des appareils mais il peut y avoir inexactitude quand la sonde à thermistor n'est pas située exactement au même endroit que les électrodes de conductivité. Sur d'autres instruments, il faut indiquer la température de l'eau ambiante sur un cadran; là encore, il est essentiel de prendre la température de l'eau à proximité des électrodes.

Le réfractomètre a l'avantage de comporter un dispositif automatique de correction en fonction de la température et de mesurer la salinité sur 0,1 mL seulement d'échantillon. Avec une pipette, il est possible de prélever des échantillons d'eau à intervalles de 5 mm. Étant donné que les échantillons sont minuscules, il faut faire bien attention de ne pas les contaminer dans la pipette ni dans la cellule du réfractomètre. En pratique, il est préférable de prélever 3 fois le volume nécessaire et d'employer le tiers central de la pipette. Le profil montré à la figure 2 a été obtenu au moyen d'un réfractomètre. Dans les cuvettes éphémères et extrêmement petites, c'est le seul appareil pratique.

Dans les grandes cuvettes, on peut prélever des échantillons pour doser la salinité, mais il ne faut jamais employer de salinomètre à induction parce que des phénomènes d'interférence nuisent au fonctionnement de la cellule près du fond et près de la surface.

Oxygène dissous — Les deux méthodes couramment employées pour le dosage de l'oxygène sont la méthode par titrage de Winkler et l'électrode à oxygène; les deux conviennent à l'emploi dans les cuvettes. À moins de les modifier, cependant, aucune ne satisfait au dosage par couche très mince. Il faut un échantillon de 30 mL pour employer la méthode Winkler, et l'eau doit être très agitée à la surface de l'électrode. En pratique, dans un cas comme dans l'autre, il vaut mieux prélever des échantillons de 300 mL, et les prélever de façon à ne pas faire varier la teneur en oxygène dissous. Sur le terrain, on y parvient sans peine en siphonnant avec soin l'eau du niveau choisi dans une bouteille à D.B.O. de 300 mL. Pour cela, rejeter la première partie de l'échantillon puis déposer le tube au fond de la bouteille, la laisser se remplir et laisser l'eau déborder pendant quelques secondes; de la sorte, l'échantillon mesuré ne vient pas en contact avec l'air. On emploie pour les autres méthodes de grosses seringues ou des échantillonneurs automatiques qui produisent souvent un brassage considérable de l'eau.

Dans tous les cas, il y a inévitablement des problèmes quand la teneur en oxygène dissous dépasse 20 ppm. Avec la méthode Winkler, la quantité normale de réactifs est épuisée avant que tout l'oxygène ne soit fixé. La plupart des appareils ne font pas de lecture au-delà de 20 ppm. On peut contourner la difficulté, quand on opère par titrage, en doublant la concentration ou le volume des réactifs. (Doubler le volume des réactifs entraîne une certaine perte de précision). La meilleure solution consiste à étalonner l'appareil à 50 % de la concentration réelle puis à doubler le résultat de toutes les lectures. Cette opération est possible dans la plupart des cas, mais il faut parfois ajuster l'appareil à une fraction plus élevée, mettons 75 %, et corriger les lectures en conséquence.

Dans tous les cas, il faut vérifier fréquemment la normalisation ou l'étalonnage. Il se produit souvent une dérive qu'on peut cependant compenser quand on en connaît la vitesse et quand on note l'heure de chaque lecture.

Toutes les lectures sur appareil de la teneur en oxygène dissous doivent être ajustées en fonction de la température et de la salinité. Certains appareils ajustent

automatiquement les résultats en fonction de la température; sur d'autres modèles, l'opérateur doit régler un cadran. Les corrections en fonction de la salinité ne sont jamais automatiques dans les petits appareils portatifs et l'opérateur doit effectuer les calculs ou régler un cadran. La méthode de calcul et le nomogramme requis sont indiqués dans Thomas (1976). De toute façon, il faut toujours mesurer la salinité et la température lors du dosage de l'oxygène dissous.

Gaz carbonique — Il n'est pas commode de mesurer avec précision la teneur en gaz carbonique. On obtient des concentrations approximatives par le titrage d'un échantillon d'eau avec le NaOH en prenant la phénolphtaléine comme indicateur. On arrive à des résultats plus précis par dérivation à partir de l'alcalinité, du pH, de la salinité et de la température. Des détails apparaissent dans Strickland et Parsons (1972).

pH — La concentration des ions hydrogène est calculée au moyen d'un pH-mètre équipé d'une électrode adaptée à l'eau de mer ou encore à l'aide d'indicateurs dont le point de virage est précis. Ces derniers sont plus fiables que les pH-mètres souvent défectueux sur le terrain. À condition que l'eau de l'étang ne soit pas naturellement colorée, les indicateurs donnent des résultats interprétables à 0,1 unité de pH.

Niveaux d'éclairement — Ici encore, il est essentiel d'avoir de petites sondes. Certains appareils permettent de mesurer la lumière de trois façons différentes. Les lecteurs les plus simples sont étalonnés à 100 % à la surface de l'eau, et les niveaux de lumière à différentes profondeurs sont exprimés en pourcentage de la lumière en surface. Employés avec précaution et conjointement à un photomètre standard mesurant la lumière incidente à la surface de l'eau, ces appareils donnent des résultats satisfaisants. Un deuxième groupe d'appareils mesure l'intensité de la lumière sous l'eau. Comme avec les appareils du type précédent, la plupart des sondes captent la lumière sur 180° ou moins et risquent de conduire à une sous-estimation de la lumière disponible totale. Le troisième type d'appareil mesure la lumière dans toutes les directions et donne, soit l'intensité, soit la somme des quanta par incréments de lumière au cours d'une période donnée. Le choix de l'appareil dépend des possibilités dont on dispose et de la précision recherchée.

Substances nutritives inorganiques— Le dosage des substances nutritives fait appel à des protocoles d'expérimentation complexes tels ceux que décrivent Strickland et Parsons (1972).

Caractéristiques biotiques

La plupart des espèces trouvées dans les cuvettes des côtes rocheuses sont faciles à observer et à collecter. Cependant, en présence de sédiments, il faut en passer les échantillons sur un tamis à maille de 0,5 mm pour capturer les formes fouisseuses. Les détails concernant la collecte, la conservation et l'identification sont donnés au chapitre 4.

La meilleure façon d'obtenir des échantillons quantitatifs est de procéder avec des quadrats de 0,01 à 0,1 m^2. Les quadrats de taille supérieure ne conviennent pas. La méthode d'échantillonnage doit varier selon les objectifs, mais quand le travail est particulièrement important, il faut procéder au hasard et avoir des échantillons répétés. Les chercheurs doivent être conscients du fait que les cuvettes sont de petite taille et qu'un échantillonnage trop intense risque d'en détruire l'équilibre. Même effectué avec infiniment de soins, l'échantillonnage à l'intérieur de quadrats sous-estime toujours les espèces très actives tel *Gammarus oceanicus*. Il faut employer alors des techniques spéciales. Les espèces encroûtantes sont aussi difficiles à échantillonner, et la meilleure méthode pour les quantifier consiste à mesurer la superficie couverte. La méthode la plus simple et la plus efficace consiste à employer une feuille de perspex sur laquelle ont été tracés 100 points disposés au hasard (Menge, 1976). Les dimensions de la plaque peuvent être ajustées, mais dans les cuvettes, les meilleurs résultats sont obtenus avec des plaques de 0,01 à 0,1 m^2. Le nombre de points superposés à chaque espèce donne directement la couverture en pourcentage pour chacune des espèces. Il est possible d'estimer la biomasse en poids sec des espèces encroûtantes en prélevant une partie d'une roche qui en porte, en la séchant au four à 100°C jusqu'à ce que le poids reste constant, en calcinant l'échantillon à 435°C et en effectuant une nouvelle pesée. La différence de poids obtenue donne le poids sec de la matière organique. Le poids vif est souvent dix fois supérieur au poids sec sans cendre, mais ce rapport est variable. La biomasse des échantillons prélevés à l'intérieur des quadrats peut être exprimée en termes de poids vif, de poids sec ou de poids sans cendre par unité de surface. On peut estimer le poids de matière organique en procédant à une décalcification chimique ou mécanique avant la pesée. Les techniques sont étudiées dans l'article de Thomas (1976). Des échantillonnages à l'intérieur de quadrats donnent aussi des estimations de l'abondance par unité de surface.

Les cuvettes de marée se prêtent particulièrement bien à la mesure de la production primaire et de la respiration des algues macrophytes. Il ne fait pas de doute que la meilleure méthode est celle des bouteilles éclairées et obscures décrite en détail dans l'article de Thomas (1976). Des paires de bouteilles à D.B.O. de 300 mL, dont l'une est enveloppée de papier d'aluminium, contiennent des échantillons semblables d'algues et sont placées *in situ*. Les meilleurs résultats sont obtenus avec des échantillons d'environ 1 g d'algues (poids humide) et après une incubation de 2 à 4 heures. Les algues de petite taille peuvent être utilisées entières; dans les grandes algues, il faut découper délicatement un échantillon pour l'endommager le moins possible. L'échantillon découpé devrait être laissé dans la cuvette pendant une demi-heure pour se stabiliser avant l'emploi. Le taux de production et le taux de respiration varient d'une partie à l'autre du thalle des grosses algues; il faudra plusieurs échantillons pour parvenir à un dosage satisfaisant. Il est avisé de commencer l'expérience quand la teneur en oxygène dissous de la cuvette est inférieure au niveau de saturation. Les échantillons fortement sursaturés se prêtent mal à un dosage et donnent des résultats inégaux. Il faut placer les bouteilles de telle sorte qu'elles soient éclairées comme les organismes de l'espèce étudiée. La teneur en oxygène est calculée au commencement et à la fin de l'expérience, et les

échantillons d'algues doivent être pesés. Les résultats sont exprimés en poids humide ou en poids sec, et la production par unité de surface est estimée à partir des données sur la biomasse à l'intérieur d'un quadrat en comparaison du poids de l'échantillon. On peut mesurer le rendement des espèces encroûtantes en prélevant des fragments de roche de superficie connue et en comparant à la couverture typique de l'espèce par unité de surface.

Il existe une variante de cette méthode qui permet d'étudier la production et la respiration de communautés sur les sédiments. Il s'agit d'enfoncer avec précaution dans les sédiments une boîte peu profonde et sans couvercle, de verre ou de perspex, de superficie connue, autour d'une électrode à oxygène; le dessus de la boîte est scellé avec de la gelée de pétrole ou de la graisse de silicone de façon à n'emprisonner aucune bulle. Après une période initiale d'équilibrage, on calcule la production et la respiration à partir d'une série de lectures de l'oxygène dissous, à la lumière et quand la boîte est recouverte de papier d'aluminium. Il faut connaître le volume et la superficie réels de la boîte (superficie et volume totaux — superficie ou volume de l'électrode).

Il est possible de reconstruire le bilan énergétique des producteurs primaires dans les cuvettes en procédant avec soin et en apportant les corrections nécessaires pour tenir compte des périodes diurnes de production et de respiration et des effets de la température et de la lumière.

La méthode des variations diurnes de la teneur en oxygène, décrite par Talling (1969), est également applicable quand on y apporte les corrections nécessaires pour les échanges avec l'atmosphère et le taux de respiration.

Il est possible de déterminer la pyramide alimentaire par des observations attentives, par des lectures pertinentes et par l'évaluation des pertes pendant que la cuvette est immergée. Il est souvent nécessaire d'analyser le contenu stomacal des animaux trouvés dans la cuvette et sur le rivage à la pleine mer et à la basse mer.

Sites d'étude privilégiés dans la région de Quoddy

Par bonheur, les cuvettes de marée abondent sur les côtes rocheuses de la région de Quoddy. Presque tous les sites offrent un bel assortiment de cuvettes de types I et II. Cependant, il y a peu de cuvettes des types III, IV et V dans la région. La pointe Holey constitue l'un des meilleurs emplacements (voir la carte de la figure 11, chapitre 4). Les tableaux 1 et 2 du présent chapitre donnent les caractéristiques générales des cuvettes étudiées. La figure 5 est un croquis du secteur de la pointe Holey, avec la position des neuf cuvettes qui y ont été étudiées. Il existe aussi des cuvettes excellentes pour l'étude dans les secteurs rocheux de la pointe Woodstock (fig. 21, chap. 4) et à Letete (fig. 24, chap. 4). Le secteur de Letete est particulièrement notable pour ses grandes cuvettes de types I et II.

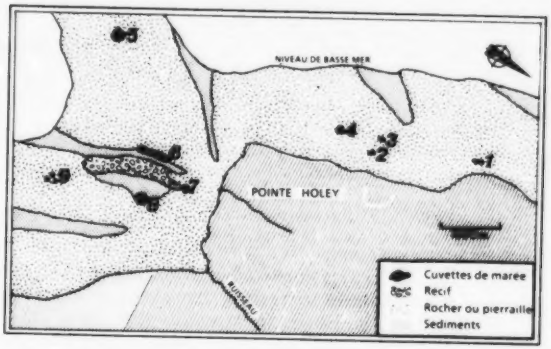


FIG. 5. Position de neuf cuvettes de marée dont il est fait mention dans le texte, dans le secteur de la pointe Holey, près de St. Andrews (N.-B.).

Remerciements

Je tiens à remercier plusieurs étudiants de l'Université du Nouveau-Brunswick (Sciences de la mer, travaux sur le terrain) et du Laboratoire maritime Huntsman (cours d'introduction aux sciences de la mer); n'eût été de leur précieux concours, notre connaissance des cuvettes de la région de Quoddy serait encore bien fragmentaire. Je tiens aussi à remercier Mad. Joanne Stevens de Saint-Jean et Mad. Carol Bagnell de Fredericton qui ont participé aux travaux sur le terrain et à l'évaluation des données.

Références

AMBLER, M.P. ET V.J. CHAPMAN. 1950. A quantitative study of some factors affecting tide pools. Trans. R. Soc. N.Z. 78 : 394–409.

AMOS, W.H. 1966. The life of the seashore. Our living world of nature. McGraw Hill, New York, NY. 231 p.

ANON. 1979. British admiralty tide tables, Atlantic and Indian oceans. Hydrographer of the Navy, Taunton, Angleterre. 431 p.

1980. Tables des marées et courants du Canada, Côte de l'Atlantique et baie de Fundy. Ministère des Pêches et des Océans, Ottawa (Ont.). 53 p.

ATKINS, W.G.R. 1922. The influence of algal cells of an alteration in the hydrogen ion concentration of sea water. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 12 : 789–791.

BATZLI, G.O. 1969. Distributions of biomass in rocky intertidal communities on the Pacific Coast of the United States. J. Anim. Ecol. 38 : 531–546.

BELL, H.P. 1927. Observations on the seasonal disappearance of certain marine algae in the tide pools near the Biological Station of St. Andrews, N.B. Trans. Nova Scotian Inst. Sci. 17 : 1–5.

BERRILL, N.J. 1951. The living tide. Dodd, Mead and Co., New York, NY. 191 p.

BROEKER, W.S. 1974. Chemical oceanography. Harcourt, Brace, Jovanovitch Inc., New York, NY. 214 p.

CAREFOOT, T. 1977. Pacific seashores. J.J. Douglas Ltd., Vancouver (C.-B.). 208 p.

CHAPMAN, V.J. 1964. Coastal vegetation. Commonwealth and International Library, MacMillan, New York, NY. 245 p.

CLARK, M.E. 1968. The ecology of supralittoral rock pools with special reference to the copepod fauna. Thèse, Université d'Aberdeen, Aberdeen, Écosse, 108 p.

CLAYTON, J.M. 1974. The living seashore. Frederick Warne and Co. Inc., New York, NY. 204 p.

DAVY DE VIRVILLE, A. 1934–1935. Recherches écologiques de la flore des flaques du littoral de l'océan Atlantique et de la Manche. Rev. Gén. Bot. 46 : 552, 557, 705–721; 47 : 26–43, 96–114, 160–177, 230–243, 308–323.

DETHIER, M.N. 1980. Tidepools as refuges : predation and the limits of the harpacticoid copepod *Tigriopus Californicus* (Baker). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 42 : 99–111.

FEMINO, R.J. ET A.C. MATHIESON. 1980. Investigations of New England algae. IV. The ecology and seasonal succession of tide pool algae at Bald Head Cliff, York, Maine, U.S.A. Bot. Mar. 23 : 319–322.

FORSMAN, B. 1951. Studies on *Gammarus duebeni* Lillj., with notes on some rock pool organisms in Sweden. Zool. Bidr. Upps. 29 : 215–237.

GANNING, B. 1966. Short term fluctuations in the microfauna in a rock pool in the northern Baltic proper. Veroeff. Inst. Meeresforsch. Bremerh., Sounderbd. 2 : 149–154.

1971. Studies on chemical, physical and biological conditions in Swedish rock pool ecosystems. Ophelia 9 : 51–105.

GANNING, B. ET F. WULFF. 1969. The effects of bird droppings on the chemical and biological dynamics in brackish water rock pool. Oikos 20 : 274–286.

GIBSON, R.N. 1967. Studies on the movements of littoral fish. J. Anim. Ecol. 36 : 215–234.

GISLEN, T. 1930. Epibioses of the Gullmar Fjord II. Kristinebergs Zoolgiska Station 1877–1927. Almquist and Wiksell, Uppsala, SW. 4 : 1–380.

JOHNSON, D.S. ET A.F. SKUTCH. 1928. Littoral vegetation on a headland of Mt. Desert Island, Maine. II. Tidepools. Ecology 9 : 307–337.

KLUGH, A.B. 1924. Factors controlling the biota of tide pools. Ecology 5 : 192–196.

LEVANDER, K.M. 1900. Zur Kenntniss des Lebens in den stehenden Kleingewässern auf den Schäreninseln. Acta. Soc. Fauna Flora Fenn. 18 : 1–107.

LEWIS, J.R. 1964. The ecology of rocky shores. The English Universities Press Ltd., Londres. 323 p.

LUBCHENCO. 1978. Plant species diversity in a marine intertidal community, importance of herbivore food preference and algal competitive abilities. Am. Nat. 112 : 23–40.

MENGE, B.A. 1976. Organization of the New England rocky intertidal community : role of predation, competition and environmental heterogeneity. Ecol. Monogr. 46 : 355–393.

MUUS, B.J. 1967. The fauna of Danish estuaries and lagoons. Medd. Dan. Fisk. Havunders. 5 : 1–316.

NEWELL, R.C. 1979. Biology of intertidal animals. Marine Ecological Surveys, Faversham, Kent, R.-U. 781 p.

PEARSE, A.S. 1932. Animals in brackish water ponds and pools at Dry Tortugas. Publ. Carnegie Inst. 28 : 125–141.

PYEFINCH, K.A. 1943. The intertidal ecology of Bardsley Island, North Wales, with special reference to the recolonization of rocky surfaces and the rock pool environment. J. Anim. Ecol. 12 : 82–108.

SOUTHWARD, A.J. 1966. Life on the sea shore. Harvard University Press, Cambridge, MA. 143 p.

STEPHENSON, T.A. ET A. STEPHENSON. 1972. Life between the tidemarks on rocky shores. W.H. Freeman and Co., San Francisco, CA. 425 p.

STEPHENSON, T.A., A. ZOOND ET J. EYRE. 1934. The liberation and utilization of oxygen by the population of rock pools. J. Exp. Biol. 11 : 162–172.

STRICKLAND, J.D.H. ET T.R. PARSONS. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fish. Res. Board Can. Bull. 167 : 310 p.

SZE, P. 1980. Aspects of the ecology of macrophytic algae in high rock pools at the Isles of Shoals, U.S.A. Bot. Mar. 23 : 313–318.

TALLING, J.F. 1969. Measurements on non-isolated natural communities in standing waters, p. 97–100. *Dans* R.A. Vollenweider (éd.). A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments. Blackwell Scientific Publications. Oxford, R.-U. 213 p.

THOMAS, M.L.H. 1976. Introducing the sea. Laboratoire maritime Huntsman, St. Andrews (N.-B.). 112 p.

UTINOMI, H., I. YAMAZI ET M. IKARI. 1950. The ecology of tide pools. I. Topographical and tidal conditions as environmental factors. II. Meteorological and hydrological conditions as environmental factors. III. Biota of tide pools their composition and fluctuation. Results Physiol. Ecol. Lab. Univ. Kyoto, 66–68 : 1–23.

VACELET, E. 1969. Rôle des populations phytoplanctoniques et bactériennes dans le cycle du phosphore et de l'azote en mer et dans les flaques supralittorales du Golfe de Marseille. Tethys 1 : 5–118.

WILLIAMS, D.D. ET N. WILLIAMS. 1976. Aspects of the ecology of the faunas of some brackish-water pools on the St. Lawrence North Shore. Can. Field-Nat. 90 : 410–415.

YONGE, C.M. 1949. The sea shore. Collins, Londres. 311 p.

CHAPITRE 7

Systèmes des marais salés

M.L.H. THOMAS

Université du Nouveau-Brunswick, Saint-Jean (N.-B.)

Introduction

Les marais salés sont peu représentés dans la région de Quoddy, dont la plupart des baies et des estuaires possèdent des rivages au profil assez prononcé, ce qui ne favorise pas la formation de marais. Toutefois, prise dans son ensemble, la baie de Fundy, comme le montre la figure 1, présente de vastes étendues de marais salés très intéressants et extrêmement bien développés. Certains se trouvent proches de la région de Quoddy, comme ceux de Dipper Harbour et de Musquash, au sud-ouest de Saint-Jean. Dans la région de Quoddy elle-même, on trouve plusieurs marais salés de faible superficie mais bien développés (par exemple, près de St. George, et dans l'île Campobello); de plus, la plupart des côtes sédimentaires possèdent une frange étroite d'espèces de marais salés située près de la laisse de haute mer.

Les marais salés ont été étudiés de façon approfondie dans le monde entier, comme le montrent bon nombre de travaux exhaustifs sur leur structure et leur fonctionnement (Chapman, 1964, 1977; Ranwell, 1972; Teal et Teal, 1969). L'attention dont ils sont l'objet se justifie d'une part par leur fréquence et par leur grande importance écologique, mais d'autre part parce qu'ils constituent l'un des systèmes marins les plus faciles à étudier. Situés sur le littoral et haut dans la zone intertidale, ils ne sont inaccessibles que quelques heures par jour.

L'existence d'une bonne information de base et la facilité d'accès conditionnent le choix des sites d'enseignement sur le terrain. Ce fait, combiné à l'importance locale des marais salés, justifie leur place dans le présent ouvrage.

Distribution des marais salés

À l'échelle du monde, on trouve des marais salés aux endroits qui sont dans une certaine mesure protégés de l'action destructrice des vagues. Ils s'établissent principalement sur les côtes sédimentaires à profil peu accentué et dans les estuaires. Bien qu'ils puissent exister à n'importe quelle latitude, à l'exception de celle des calottes glaciaires, ils sont caractéristiques des latitudes supérieures à 30°; aux basses latitudes se développe la mangrove, alors que les marais salés se retrouvent plus au nord ou plus au sud. De nombreuses régions du monde qui présentent des côtes accores rocheuses (par exemple la côte ouest de l'Amérique du Sud) ne possèdent pas de marais salés bien développés.

Dans la baie de Fundy, la formation des marais salés a été favorisée par le fort marnage et l'apport considérable de sédiments, particulièrement près du fond de la baie. On estime qu'avant la colonisation, les marais salés de la baie de Fundy occupaient 35 700 ha. Ces zones ont été des cibles de choix pour les débuts du développement agricole. Les Acadiens, puis les colons qui les ont suivis, ont endigué la plus grande partie des marais, qui ne représentent plus actuellement qu'une superficie totale de 5 210 ha (fig. 1) — 3 670 en Nouvelle-Écosse et 1 540 au Nouveau-Brunswick (Thomas, 1977).

Les marais salés de la baie de Fundy représentent toutefois une superficie importante à l'échelle du continent. La côte américaine, de la frontière canadienne jusqu'à la limite de l'État de New York, ne présente que 5 008 ha de marais. Au sud de cette limite, la côte basse et sédimentaire de l'Est des États-Unis possède des marais salés qui sont parmi les plus vastes et les mieux développés du monde; on en compte 192 508 ha en Georgie seulement. L'ensemble de la côte est des États-Unis possède 589 429 ha de marais salés (Reimold, 1977) et représente l'une des plus fortes concentrations de marais salés du monde.

Chapman (1977) a classifié les marais salés du monde en une série de groupes et de sous-groupes. Dans le groupe de l'Atlantique ouest, il reconnaît trois sous-groupes : ceux de la baie de Fundy, de la Nouvelle-Angleterre et de la plaine côtière. Le sous-groupe de la baie de Fundy couvre tous les marais salés des provinces Maritimes du Canada. Dans la région de Quoddy, les marais possèdent certaines caractéristiques des deux sous-groupes de Fundy et de Nouvelle-Angleterre, et font la transition entre les deux.

Géographie physique, structure et sols

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE ET STRUCTURE

Les marais salés bien développés sont généralement des zones presque planes, qui descendent en pente douce vers la mer; ils se trouvent généralement au-dessus du niveau moyen des pleines mersde morte eau. La limite supérieure du marais se situe généralement près du niveau des plus hautes eaux. La forme et l'étendue du marais subissent fortement l'influence du marnage. Son extension verticale est proportionnelle au marnage, mais sa largeur maximum ne l'est généralement pas, car les pentes des marais deviennent de plus en plus abruptes à mesure que le marnage augmente. C'est ainsi que certains des marais salés les plus vastes du monde se trouvent en Georgie, où le marnage moyen est de 2,2 m; ceux de la baie de Fundy, où la moyenne peut dépasser 7 m, ne peuvent rivaliser avec ceux de Georgie, malgré leur étendue antérieure.

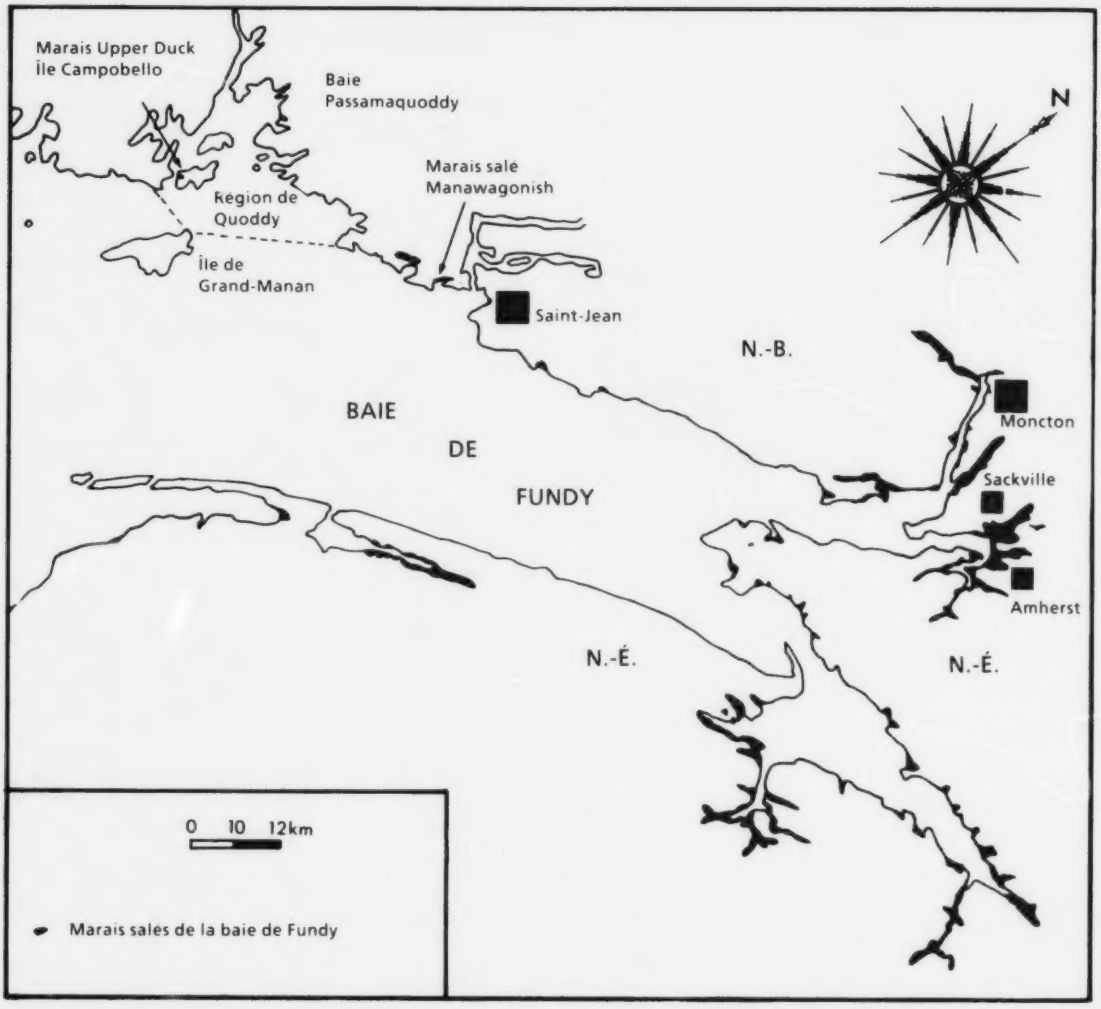


FIG. 1 La baie de Fundy, avec représentation des marais salés existants. Les flèches indiquent les deux sites décrits dans le texte.

L'amplitude des marées a aussi un effet sur le drainage, qui est complexe lorsque l'amplitude est intermédiaire mais généralement simple lorsque l'amplitude est forte ou faible. La zonation biotique est particulièrement notable dans les marais où le marnage est fort.

Outre qu'ils nécessitent un emplacement abrité et un apport de sédiments, les marais salés sont associés aux côtes présentant un profil peu accentué, car les côtes accores n'offrent pas les substrats nécessaires au dépôt de sédiments en eau peu profonde, même si elles sont extrêmement abritées et jouissent d'un bon apport de sédiments. C'est ainsi que les côtes dont la topographie est abrupte, comme celles des fjords, ne présentent généralement que des marais peu étendus à l'extrémité supérieure des inlets. Bien que la région de Quoddy ne représente pas un cas extrême, sa topographie côtière est fréquemment caractérisée par des pentes abruptes (comme dans l'estuaire de la St. Croix) et, malgré un apport suffisant en sédiments, la formation de marais salés est limitée à des zones peu étendues en pente douce. L'apport de sédiments dans les marais salés peut (1) être d'origine fluviale, c'est-à-dire provenir du drainage des terres; (2) être dû à l'érosion par la mer de la ligne de côte; ou (3) être constitué de sédiments côtiers d'origine glaciaire. En fait, les sources principales en sont la première et la dernière. Dans les régions de Fundy et de Quoddy, c'est l'origine glaciaire qui est la principale source de sédiments. Ces sédiments se prêtent d'autant mieux à la formation de marais que le marnage, les courants et l'échange d'eau mettent continuellement en suspension et en resuspension de grandes quantités de sédiments infratidaux et intertidaux.

Les marais salés sont bordés ver le bas par de grandes vasières. La limite inférieure du marais lui-même est souvent marquée par une augmentation de la pente et habituellement par la disparition des plantes vasculaires submergées comme les zostères (*Zostera* sp.) ou, plus au sud, les thalassies (*Thalassia* sp.). On relève généralement la présence d'herbacées. Le marais lui-même se compose de trois éléments principaux : zones plates, chenaux de drainage de diverses tailles, et pannes ou cuvettes de taille variable. La figure 2 montre un profil généralisé de marais salé et indique les noms couramment utilisés pour en désigner les caractéristiques universelles. Plusieurs de ces termes demandent une explication. Les marais d'émersion et de submersion correspondent aux parties haute et basse du marais; leur limite s'établit au niveau moyen de pleine mer. Ces deux zones présentent des milieux physiques différents. Le marais de submersion se trouve sous l'eau plus de 360 fois par an, alors que le marais d'émersion est submergé moins de 360 fois par an. Le marais de submersion est découvert de façon *continue* pendant un maximum de 9 jours, le marais d'émersion pendant plus de 10 jours. Le marais de submersion se trouve sous l'eau pendant plus de 1,2 heure par jour, et le marais d'émersion pendant moins de une heure (Chapman, 1960). Ces différences sont liées au régime normal des marées. On note une différence marquée dans la composition biotique des deux marais, mais de nombreuses espèces caractéristiques colonisent les deux niveaux.

La ligne de rivage est constituée par une bande étroite située près du niveau moyen des pleines mers de vive eau, qui possède souvent une végétation éparse et qui est jonchée de débris flottants. Les sédiments sont découverts et généralement plus grossiers qu'aux niveaux inférieurs. La ligne de rivage est déterminée par l'interaction de la marée, de l'action des vagues et du niveau du marais. C'est seulement au niveau des pleines mers de vive eau que l'ensemble du marais est couvert par l'eau à une profondeur suffisante pour permettre la création de vagues importantes. Ces vagues peuvent être assez fortes sur la ligne de rivage, dont elles limitent la colonisation par des organismes vivants. La falaise du marais salé se trouve à l'extrémité inférieure de certaines parties du marais qui sont exposées à une course importante au niveau des pleines mers de morte eau, et elle a pour origine l'érosion des vagues à ce niveau. Au-dessus de la falaise, une végétation dense protège le marais.

Le profil qui apparaît à la figure 2 représente les caractéristiques moyennes d'une situation qui peut varier. Le profil réel diffère selon la pente de la côte, le marnage et l'âge du marais. Un marais mature et bien recouvert de végétation constitue un piège à sédiments efficace dans sa zone inférieure. Une bonne partie des sédiments en suspension dans le flot de marée se dépose dans cette zone ou près des chenaux. Le profil du marais tend donc à s'aplanir progressivement, alors que des berges ou des levées se constituent au bord des chenaux. Cette accumulation a un effet sur la structure de l'écoulement, qui devient plus complexe avec le temps.

Les chenaux, appelés parfois étiers ou barachois, constituent le réseau de drainage du marais salé. Ils transportent les eaux des marées montantes et descendantes ainsi que l'eau douce provenant des terres. Les chenaux peuvent se constituer dans de minces dépressions mais, une fois qu'ils sont formés, l'érosion les creuse et les élargit. L'interaction de la végétation stabilisante et du chenal est telle que ce dernier, surtout lorsqu'il est de taille intermédiaire, présente souvent un flanc abrupt ou, dans des cas plus extrêmes, des berges sapées à la base ou

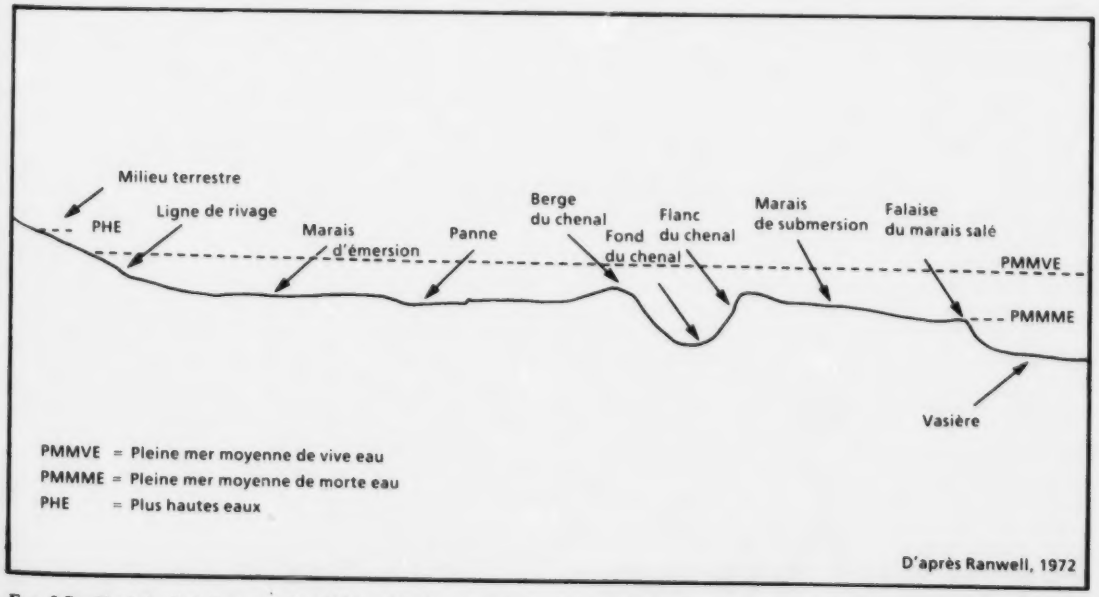


FIG. 2 Profil généralisé d'un marais salé bien développé, avec représentation des caractéristiques principales.

des parois en surplomb. Dans les chenaux assez larges, les berges qui sont sapées s'effondrent avec le temps, pour donner au chenal un profil abrupt caractéristique (Chapman, 1964; Steers, 1977). (Dans les marais de la région de Quoddy et des environs, on trouve fréquemment des chenaux très profonds et à parois en surplomb, qui peuvent présenter un certain risque : il faut les traverser avec précaution.) Comme nous l'avons mentionné plus haut, la complexité du réseau de drainage est très variable. Les formes les plus développées sont associées au marais mature. La présence de sédiments fins, un marnage intermédiaire et une croissance vigoureuse des herbes du genre *Spartina* contribuent à la formation d'un réseau dendritique, c'est-à-dire ayant la forme d'un arbre, dans lequel les chenaux se subdivisent fréquemment en chenaux de plus en plus petits. Le chenal principal est appelé primaire, il donne naissance aux chenaux secondaires, puis aux tertiaires, etc. Dans notre région, le schéma normal est assez simple, et ne va habituellement que jusqu'aux chenaux tertiaires. Ce fait est lié à la forte amplitude des marées, mais dans d'autres secteurs il est associé à des substrats sableux ou à la rareté d'herbes à croissance vigoureuse. Dans les marais où le marnage est faible, comme par exemple sur la côte nord de l'Île-du-Prince-Édouard, on ne trouve que quelques chenaux courts et directs. De nombreux marais de la baie de Fundy présentent de grands chenaux primaires qui serpentent dans le marais. On y relève une érosion active sur la berge extérieure et un dépôt à l'intérieur des courbes. Le tracé des chenaux se modifie ainsi de façon lente mais ininterrompue. Les berges des grands chenaux présentent des pentes plus faibles que celles des petits, mais elles restent abruptes et très difficiles à escalader.

L'autre caractéristique importante du marais salé est constituée par les cuvettes de marée, appelées aussi pannes. Ces pannes peuvent être de taille variable, mais sont habituellement nombreuses et couvrent des superficies importantes dans les marais matures, particulièrement dans leur partie d'émersion (Pethick, 1969). Les études ont montré que les pannes peuvent se former à mesure que les marais progressent vers la mer, soit à cause de l'influence des chenaux, soit spontanément à la surface des marais matures (Chapman, 1964; Ranwell, 1972; Steers, 1977). On distingue plusieurs types de pannes : 1) les pannes primaires se forment dans les zones basses d'une partie de marais nouvellement formée, à la suite d'un tassement des sédiments ou d'une élévation du niveau en direction de la mer ou d'un chenal, causée par le dépôt étagé des sédiments; 2) les pannes peuvent être causées par l'érosion et la reconstitution naturelle de la falaise du marais salé; 3) les « pannes de chenal » peuvent se constituer en séries le long du parcours d'un ancien chenal qui a été comblé par la croissance de la végétation; 4) les « pannes de Pethick » se forment à la surface d'un marais mature où des agglomérats de débris ou de végétation se constituent, pourrissent et, en créant des conditions d'anoxie, tuent la végétation sous-jacente; les racines qui retenaient les sédiments sont détruites, et la partie dénudée peut s'éroder pour former une panne; 5) dans les marais tempérés, les plaques de neige ou de glace qui mettent longtemps à fondre peuvent causer la formation de pannes d'une manière similaire à celle des pannes de Pethick; 6) d'autres pannes peuvent se constituer lorsque des floes viennent s'échouer à la surface du marais sous un climat rude. Par la suite, une grande marée peut soulever le glaçon auquel reste accrochée la végétation sous-jacente, et le sol dénudé forme une panne. Ce processus est très actif dans les marais de la région, et il a été décrit par Bleakney (1972) pour la partie supérieure de la baie de Fundy. L'effet des floes dans la région de Quoddy et à l'Île-du-Prince-Édouard a été décrit par Medcof et Thomas (1974).

Quel que soit leur mode de formation, les pannes présentent généralement une marge bien définie et souvent un profil abrupt, qui peut être provoqué par les vagues miniatures nées sous un vent fort et par le tourbillon de la marée qui y pénètre. Les pannes à flancs abrupts présentent souvent des conditions d'anoxie dans leur partie profonde.

Pour ce qui est de leur stabilité à long terme, les marais salés peuvent être stables en superficie ou progresser vers la mer, vers la terre ou dans les deux sens. Tout dépend de la stabilité de la ligne de côte et de l'apport de sédiments. La situation la plus instable se présente sur une ligne de côte en cours d'exhaussement où l'apport de sédiments est faible; les marais y sont étroits et peuvent disparaître. C'est sur les côtes stables que les marais ont le plus de chance de s'étendre; ils progressent vers la mer à mesure que les sédiments s'accumulent. Sur les côtes en cours d'affaissement, comme celle de la région de Fundy, les marais salés ne peuvent se constituer que si la sédimentation est plus forte que la plongée de la côte. Dans de telles situations, les marais se développent vers la terre, et on peut trouver des restes de la communauté terrestre antérieure dans le marais ou dans ses sédiments. Dans le marais Manawagonish, au sud-ouest de Saint-Jean, de nombreux chicots d'épinettes pointent encore à la surface, ce qui révèle une ligne de côte en cours d'affaissement.

Sédimentation et sols

Les marais salés constituent des pièges naturels à sédiments à cause de leur végétation dense. C'est aux endroits où l'eau remonte en premier ou déborde des chenaux que les sédiments se déposent le plus rapidement. Nous avons déjà parlé des effets de ce phénomène sur le profil du marais. L'effet net de l'accumulation des sédiments sur le niveau de la surface du marais est une combinaison du dépôt de sédiments, du tassement des dépôts en fonction du temps et du poids du matériel susjacent. L'accumulation a été mesurée en bon nombre d'endroits, mais le tassement ne l'a été que rarement. Dans une étude sur vingt années, Stearns et MacCreary (1957) ont trouvé qu'une accumulation de 0,64 cm par an était exactement contrebalancée par un tassement équivalent de la surface. L'accumulation annuelle des sédiments a été mesurée dans un grand nombre de marais, et on a relevé une grande variabilité d'un marais à l'autre ou à l'intérieur du même marais. Les zones où la végétation est éparse, comme les bandes situées les plus près de la mer et dominées par *Salicornia* sp., présentent beaucoup moins de dépôt que les zones colonisées de façon dense par

Puccinellia maritima. En comparant ces deux communautés dans un marais européen, Jakobsen *et al.* (1955) ont trouvé des taux de sédimentation de 3 et 10 cm par an, respectivement. Ranwell (1972) signale des taux de tassement allant jusqu'à 15 cm par an pour les régions dominées par *Spartina*, mais souligne que la moyenne pour la zone d'émersion des marais d'Europe et de l'est de l'Amérique du Nord se situe entre 2 mm et 1 cm par an. Dans les marais où l'accumulation est forte, elle peut limiter la colonisation et la croissance des plantes. Kuenzler (1961) a révélé que dans de nombreux marais de l'est de l'Amérique du Nord, le bivalve *Modiolus demissa*, qui est commun dans les zones de submersion, joue un rôle actif dans les processus sédimentaires. Grâce à son mode d'alimentation par filtration et sa production de pseudofèces, les sédiments sont captés, liés et déposés. L'auteur montre que ce processus a joué un rôle important dans l'apport de phosphate au marais. Toutefois, cette espèce est absente de toute la région de Fundy.

Pour ce qui est de la variabilité saisonnière, un certain nombre d'études ont révélé des cycles annuels prononcés d'accumulation des sédiments. Ces cycles ont été résumés par Ranwell (1972) qui souligne les interactions complexes occasionnées par la densité de la végétation, l'alimentation par filtration, les variations dans l'apport naturel des sédiments et les taux de floculation qui changent avec la salinité. Nous voyons se profiler un schéma général : au printemps se produit un tassement différentiel sur les franges extérieures des marais et le long des marges des chenaux, qui résulte de l'alimentation par filtration, de la captation mécanique dans les plantes en croissance et de la floculation des particules. Le phénomène se poursuit pendant l'été mais, à l'automne, moins d'organismes se nourrissent par filtration, et il y a moins de floculation par suite d'une diminution de la salinité, tandis que la biomasse du marais a atteint son maximum et que la captation mécanique du limon est efficace sur toute la superficie du marais. Pendant l'hiver, avec la diminution de la biomasse et la fréquence du mauvais temps, une certaine partie des sédiments est remise en suspension, et elle est entraînée dans les eaux côtières.

Ces variations saisonnières du taux de sédimentation, combinées à des différences dans la dimension des dépôts aux diverses saisons, peuvent occasionner la création de strates clairement définies selon la saison dans les sédiments (Evans, 1965). Toutefois, les processus biogéniques ont généralement pour effet un remaniement total des sédiments (Phleger, 1977). Au sud de la région de Quoddy, les crabes appelants *Uca* sp. (Teal et Teal, 1969) accomplissent un énorme travail. Leur activité fouisseuse (Daiber, 1977) provoque un remaniement important des sédiments subsuperficiels. Dans toute la partie couverte de végétation, la croissance des racines, leur décomposition et le comblement des cavités qu'elles laissent provoquent un remaniement efficace de tous les sédiments. En conséquence, la plupart des sols des marais salés semblent exempts de strates annuelles ou saisonnières distinctes. Celles-ci, quand elles sont présentes, apparaissent probablement dans les communautés à végétation éparse du bord de mer ou des marges des chenaux.

Les types de sols des marais salés sont extrêmement variables, allant du gravier à l'argile; certains sont composés presque uniquement de tourbe. Cette variation est fonction de l'origine des sédiments et du régime énergétique local. Il existe des différences au sein du marais lui-même. Normalement, on trouve des sédiments grossiers en bordure de mer et le long des berges des chenaux. Les différences peuvent être assez marquées pour que les sédiments situés le long des marges des chenaux soient sableux et fermes alors qu'ils sont argileux et meubles à l'intérieur du marais (Phleger, 1977). Dans certains marais, la matière déposée est calcaire et composée principalement de squelettes animaux; ailleurs, il s'agit de tourbe acide. La tourbe prédomine seulement dans les zones où l'apport de sédiments inorganiques est faible. De nombreux marais salés de Nouvelle-Angleterre présentent des sols tourbeux (Chapman, 1977).

La plupart des marais salés possèdent des sols à particules fines ou mixtes; l'espace interstitiel est donc réduit, et la perméabilité à l'air et à l'eau est faible. Chapman (1964) souligne que les marais présentent normalement une couche aérée au-dessus d'une base imbibée d'eau. L'épaisseur de la couche aérée décroît sans toutefois disparaître à marée haute. Chapman (1960), Adriani (1945) et Ranwell (1972) ont examiné la concentration de l'air, de l'O_2 et du CO_2 dans la couche aérée. L'air compose de 2 à 45 % du volume du sol, sa teneur en O_2 est inférieure et sa teneur en CO_2 supérieure à celles de l'air atmosphérique. L'air pénètre dans le sol des marais salés, en partie par les espaces qui s'y trouvent naturellement, mais aussi par les tunnels des animaux et les cavités laissées par les racines mortes; il est particulièrement important de souligner le transport effectué par les tissus vivants de plantes comme *Spartina* sp. (Baker, 1970).

Au-dessous de la couche aérée, le sol est saturé d'eau, et souvent anaérobie; toutefois, rien n'indique qu'un sol anaérobie constitue un facteur limitant pour la flore normale des marais salés.

Structure de la salinité

La salinité de l'eau dans les chenaux et au-dessus des marais à la pleine mer dépend des sources d'eau de la région. Les marais de la partie supérieure des estuaires sont baignés par une eau à faible salinité et présentent en général des sols dont la salinité est également faible. Par contre, les marais côtiers sont habituellement inondés par de l'eau dont la salinité est celle des eaux côtières, et présentent des sols à salinité plus élevée. L'eau pénètre dans le sol des marais latéralement à partir des chenaux, verticalement lorsque la mer les recouvre, et aussi latéralement à partir des terres adjacentes. L'effet se manifeste principalement à marée haute; il se crée alors un gradient d'exposition à l'eau de mer en travers du marais, comme nous l'avons signalé ci-dessus, en fonction des phénomènes de submersion et d'émersion. Les régions les plus élevées, donc les plus exposées aux conditions atmosphériques, subissent davantage les contraintes climatiques que l'influence de la mer et, dans la plupart des cas, présentent un gradient de salinité décroissant en direction de la terre. Les effets de l'évaporation peuvent parfois

être marqués, et provoquer une augmentation de la salinité du sol, particulièrement dans les zones de submersion. Dans la région de Fundy, on relève couramment des salinités de l'ordre de 33 à 36 % dans l'eau de la couche superficielle du sol, en été, pendant les périodes de morte eau. Toutefois, dans les sols proches des chenaux qui drainent de l'eau douce, les salinités peuvent être très basses, même dans la partie extérieure du marais.

Chapman (1964) présente des données qui indiquent que la plupart des graines de plantes de marais salés connaissent une meilleure germination à des salinités inférieures à celle de l'eau de mer, avec l'exception notable de *Salicornia* sp. qui montre un bon pourcentage de germination à des salinités correspondant à l'eau de mer et même allant jusqu'à 100 ‰ (soit 3 fois la salinité de l'eau de mer normale). Il faut souligner que l'inaptitude à germer dans des conditions de salinité normale ne cantonne pas les plantes à la partie supérieure du marais, car les pluies printanières en période de morte eau peuvent assurer de bonnes conditions de germination grâce à une baisse de la salinité dans l'ensemble du marais.

Caractéristiques biotiques des marais salés

L'écologie des marais salés a été étudiée par de nombreux chercheurs, ce que révèlent plusieurs monographies comme celles de Chapman (1960, 1964, 1977), Ranwell (1972) et Teal et Teal (1969), ainsi qu'une foule d'autres documents connexes. Le biote des marais de la côte atlantique dans la zone tempérée est particulièrement bien étudié par Ursin (1972) qui décrit et illustre toutes les importantes espèces locales ainsi que celles que l'on trouve un peu plus au sud. Divers auteurs, notamment Chapman (1937), ont mené des études localisées ou spécialisées sur les marais de Fundy, mais seul Ganong (1903) en a publié une description exhaustive. Les études analytiques modernes font défaut. Pour les marais proches de la région de Quoddy, la seule description publiée est celle de Thomas (1973).

Les marais salés sont caractérisés par des plantes basses, notamment des herbacées. L'élément animal y est beaucoup moins notable que l'élément végétal, mais comporte des espèces qui visitent le marais ainsi qu'une faune résidante. Dans la région de Quoddy, cette dernière est particulièrement pauvre, mais le système reçoit la visite de nombreux oiseaux et mammifères.

Les communautés végétales des genres *Spartina*, *Puccinellia* et *Distichlis* dominent les marais, de même que les joncs et les roseaux des genres *Juncus* et *Scirpus*. Ces espèces se retrouvent couramment en peuplements presque monospécifiques. D'autres espèces pérennes sont éparpillées de façon caractéristique dans d'autres communautés. Les genres *Armeria*, *Plantago*, *Triglochin*, *Limonium*, *Cotula* et *Selliera* sont répandus. Certaines plantes annuelles sont aussi caractéristiques du marais, notamment les genres *Salicornia*, *Sueda* et *Atriplex*. Parmi ces derniers, seul *Salicornia* sp. forme de grands peuplements presque monospécifiques, particulièrement dans les zones nouvellement colonisées de faible élévation. Les algues sont également importantes, notamment les genres *Fucus*, *Bostrychia*, *Ulva*, *Enteromorpha*, *Ulothrix*, *Cladophora* et l'algue bleue du genre *Microcoleus* (Lyngbya). On ne les retrouve pas tous dans les marais de la baie de Fundy.

Les communautés fauniques sont diverses et se composent principalement d'espèces qui ne se confinent pas aux marais salés mais se retrouvent aussi dans d'autres communautés littorales. Dans les marais tempérés, plusieurs mollusques sont caractéristiques, notamment les gastropodes des genres *Hydrobia* et *Melampus* et, dans l'est de l'Amérique du Nord, le pélécypode *Modiolus demissa*. Les vers, particulièrement *Nereis* sp., sont fréquents dans la partie inférieure du marais. Dans les pannes et les chenaux abondent souvent les poissons des genres *Fundulus* et *Gasterosteus*. On trouve dans les pannes le saccoglosse de marais salé *Alderia modesta* (Bleakney et Bailey, 1967). Dans la plus grande partie du marais, les insectes sont nombreux. En Caroline du Nord, Davis et Gray (1966) ont dénombré 250 espèces de marais salés; sur ce nombre, les sauterelles et les insectes suceurs étaient les plus importants. Les marais salés constituent des aires d'alimentation et de reproduction particulièrement importantes pour de nombreux oiseaux; divers mammifères viennent également s'y nourrir. Le lecteur est renvoyé à Ursin (1972) et Teal et Teal (1969) pour la description de situations caractéristiques.

En plaçant les marais de Fundy dans le sous-groupe qui porte leur nom, Chapman (1977) souligne qu'ils sont caractérisés par de grands peuplements de *Puccinellia americana* et de *Juncus balticus* au niveau supérieur, et par la transition vers la tourbière plutôt que vers le marécage à leur limite supérieure. Les sols seraient généralement constitués d'argile boueuse. Selon Chapman, vers le sud, les sols deviennent généralement des tourbes, *P. americana* n'est jamais dominante, et la transition terrestre se fait vers la roselière. Ces généralisations montrent que Chapman connaît bien les marais de la partie supérieure de la baie de Fundy. Dans la région de Quoddy, *P. americana* n'est jamais dominante, mais *J. balticus* l'est souvent.

Communautés et zonation dans les marais allant de Saint-Jean à la frontière américaine

Les marais salés de cette zone sont généralement d'origine estuarienne, bien que la taille des cours d'eau soit variable. On relève donc la présence d'un chenal primaire dominant, serpentant au centre du marais, qui exerce une influence dominante sur les profils. Presque tous les marais ont été autrefois endigués et donc utilisés à des fins agricoles; leur bordure inférieure est donc constituée par des digues abandonnées. Dans d'autres cas, elles ont été formées par des cordons littoraux. Dans aucun des marais importants, on ne trouve de limite inférieure se transformant progressivement en vasière sans qu'il y ait eu intervention humaine importante. C'est pourquoi les profils allant de la marge au chenal central donnent une meilleure représentation des conditions naturelles que les transects allant vers la mer. Ces transects, toutefois, ne révèlent normalement pas de zones nouvellement colonisées à leur limite extérieure.

En partant du chenal primaire, on rencontre habituellement tout d'abord un peuplement monospécifique de la forme haute de *Spartina alterniflora*, qui commence

à un niveau correspondant à 80 % du marnage moyen. Le marais lui-même commence donc au-dessous du niveau moyen des basses mers de morte eau, qui se situe à 85 %. La forme haute de *Spartina alterniflora* pousse sur la partie supérieure du flanc du chenal mais ne s'étend pas sur sa levée de rive. On trouve des algues bleues associées à la spartine et, à la limite inférieure, dans la vase, apparaissent les sillons creusés par le bivalve *Macoma balthica*. Des gastropodes comme le bigorneau brun (*Littorina saxatilis*) peuvent être accrochés aux tiges.

La rive du chenal présente généralement une bordure nette où la communauté laisse abruptement place à un autre peuplement.

1) Dans de nombreuses situations (par exemple, dans une bonne partie des marais Manawagonish et Musquash, au sud-ouest de Saint-Jean), la deuxième communauté est fortement dominée par la forme basse de *S. alterniflora*, avec peu d'espèces associées. Cette séquence semble prédominer aux endroits où la berge du chenal ne s'élève pas beaucoup au-dessus de la partie du marais située vers la terre.

2) Lorsque la berge présente une élévation notable, comme c'est le cas en de nombreux endroits, *S. alterniflora* laisse place à une communauté mixte dont les membres les plus fréquents sont *Spartina patens*, *Triglochin maritima*, *Plantago maritima*, *Atriplex patula*, *Suaeda maritima* et *Limonium nashii*, *Salicornia europaea* et *S. bigelovii* (que l'on ne trouve pas au Nouveau-Brunswick mais dans le reste des Maritimes). Cet assemblage représente un mélange d'espèces qui vivent dans le marais d'émersion, et reflète le fait que la berge du chenal est souvent plus élevée que la hauteur moyenne de la pleine mer. À certains endroits, la levée présente en été des peuplements presque purs de *Salicornia* sp. Ce phénomène semble signifier que la berge a subi au cours de l'hiver précédent une forme d'érosion ou de dégradation.

3) Aux endroits où n'existe pas de levée visible, mais où la partie du marais adjacente à la berge se situe au-dessus du niveau moyen de pleine mer, la communauté se compose d'un peuplement pratiquement monospécifique de spartine étalée, *Spartina patens*.

Au-delà de la bordure ou de la levée, le marais est invariablement plat et découpé par les ramifications des petits chenaux. Sa surface ondule légèrement, ce qui donne lieu à une mosaïque de communautés. De façon caractéristique, on trouve le long des marges des chenaux la forme haute de *S. alterniflora*, qui laisse place à la forme basse à mesure que le niveau s'élève et que l'on s'éloigne du chenal. Sur les zones plates du marais de submersion domine habituellement la forme basse de *S. alterniflora*. On y trouve aussi couramment *Plantago maritima*, *A. patula*, *S. maritima*, *Glaux maritima*, *L. nashii* et *T. maritima*. Les espèces de *Salicornia* sont généralement éparses mais, aux endroits où la surface du marais s'élève légèrement, elles deviennent dominantes et sont associées à *P. maritima* et *L. nashii*. *P. maritima* domine rarement dans de telles zones.

À mesure que le niveau du marais s'élève, la forme basse de *S. alterniflora* laisse place à *S. patens* dans les zones plates, mais la forme haute de *S. alterniflora* continue à dominer les marges des chenaux. On trouve le même assemblage d'espèces associées que dans le marais de submersion, mais les espèces autres que *Salicornia* sp. et *Plantago maritima* commencent à se raréfier au-dessus du niveau moyen de pleine mer et disparaissent à la pleine mer moyenne des marées de vive eau. En même temps, on voit apparaître dans le marais d'émersion plusieurs espèces qui augmentent en abondance jusqu'au niveau extrême de pleine mer. Il faut noter particulièrement *Distichlis spicata*, *Scirpus americanus*, *Juncus gerardi* (jonc de Gérard) et *Potentilla anserina* (argentine) : ces trois dernières espèces peuvent constituer des peuplements pratiquement purs, les deux premières dans les zones basses et humides et la dernière sur les hauteurs mieux drainées. *D. spicata* est relativement rare. Entre le niveau des plus hautes eaux et la pleine mer moyenne des marées de vive eau, on trouve une troisième espèce de *Spartina*, *S. pectinata* (herbe à liens), qui peut abonder sur une bande étroite. Au même niveau, aux endroits plus humides, apparaît l'espèce caractéristique mais peu commune *Cotula coronopifolia* et, aux endroits où la salinité est très basse, on trouve *Typha latifolia* et *T. angustifolia* (massettes) et *Phragmites communis* (roseau commun). Autour de la limite de la plupart des marais abonde la verge d'or toujours verte (*Solidago sempervirens*), ainsi que l'aster *Aster borealis*.

Descendant parfois jusqu'au niveau extrême de pleine mer, les aulnes (*Alnus crispa* et *A. rugosa*), les spirées (*Spiraea latifolia*) et le myrique baumier (*Myrica gale*) sont communs, souvent associés d'ailleurs à des épinettes blanches rabougries (*Picea glauca*).

Les pannes ont habituellement une végétation pauvre, mais certaines possèdent en abondance la ruppie maritime (*Ruppia maritima*). Les pannes aux flancs abrupts peuvent être entièrement dépourvues de végétaux supérieurs, mais être intensivement colonisées par des bactéries de couleur rose ou noire.

La faune marine résidante est extrêmement pauvre dans les marais de Quoddy. Sur les flancs des chenaux, le bivalve *Macoma balthica* et le polychète *Nereis diversicolor* abondent souvent. Quelques moules bleues (*Mytilus edulis*) se retrouvent souvent dans la zone la plus basse dominée par *S. alterniflora*, mais la moule côtelée (*Modiolus demissa*), qui est caractéristique, en est absente. Dans les pannes, *Hydrobia minuta*, un petit escargot, abonde souvent, de même que le choquemort (*Fundulus heteroclitus*). Le bigorneau brun (*Littorina saxatilis*) constitue peut-être la forme marine la plus répandue, et apparaît dans l'ensemble du marais de submersion sur le substrat, sur les tiges des herbes et dans les pannes. Le gastropode *Melampus bidentatus* est absent mais se trouve ailleurs dans les Maritimes. De nombreuses autres espèces sont présentes mais abondent rarement. On trouve occasionnellement le crabe vert *Carcinus maenas* le long des bordures des chenaux, et l'isopode *Idotea phosphorea* dans les pannes basses et dotées de végétation. L'amphipode *Corophium volutator* apparaît fréquemment dans les fonds de panne aérobies et sur les flancs des chenaux. Dans ce dernier milieu, on trouve aussi *Corophium lacustre*. Le gammaridé *Gammarus mucronatus* abonde occasionnellement dans les pannes dotées de végétation, et deux autres espèces, *G. setosus* et *G. tigrinus*, se trouvent à l'occasion dans la partie supérieure des rives des chenaux, sous le couvert végétal. Un

autre amphipode gammaridé, *Orchestia grillus*, est caractéristique des marais salés, mais n'abonde pas souvent. Il apparaît dans le marais d'émersion, sous des débris et parmi les herbes où il construit ses nids et ses parcours. On le trouve habituellement facilement sous les débris laissés par la marée (Bousfield, 1973). Le petit saccoglosse *Alderia modesta* se retrouve probablement dans les pannes, comme il le fait dans le bassin supérieur de la baie de Fundy (Bleakney et Bailey, 1967).

La faune de petite taille a été peu étudiée mais, plus loin vers le sud, les protozoaires et les nématodes abondent souvent. Il serait intéressant de les étudier dans la région.

Succession

Il apparaît sans aucun doute que, dans de nombreuses régions, les marais salés augmentent en étendue. Toutefois, dans la région de Quoddy, la ligne de côte en cours d'affaissement et l'apport généralement faible de sédiments en suspension s'opposent à leur développement. La succession n'est donc pas un phénomène universel et apparaît de préférence dans les régions dégradées par les tempêtes, les glaces ou l'homme. Chapman (1960) considère que la séquence normale des espèces dominantes, en fonction du relèvement des marais, est la suivante : *S. alterniflora*, *S. patens*, *D. spicata*, *Juncus* sp. et *S. pectinata*. Dans la région de Quoddy, *Salicornia europaea* constitue l'espèce pionnière la plus courante, et elle persiste également pendant des années en peuplements monospécifiques le long des routes tracées dans la partie de submersion du marais Manawagonish.

Ranwell (1972) étudie les processus liés à la modification principale qui apparaît avec le relèvement — le remplacement des espèces dominantes *Spartina* sp. par d'autres. Il souligne que cette modification est soudaine, et que le chevauchement est minime. Les expériences de transplantation montrent que les espèces dominantes peuvent survivre, pousser et se reproduire bien au-dessus ou en dessous de leur aire de dominance. Dans le cas présent, les faits montrent que la limite supérieure de *Spartina* sp. est déterminée par le fait que les détritus et la végétation plus haute font écran, et par sa vulnérabilité au gel. Dans l'ombre, *S. alterniflora* ne peut ni taller ni fleurir.

Structure de la production primaire

Le flux et la production d'énergie dans les marais salés ont été étudiés de façon approfondie, tout comme le rôle des détritus dans la structure de production des marais. Turner (1976) a examiné les publications concernant la production des macrophytes dans les marais salés et découvert l'existence d'un gradient global N–S copié sur le rayonnement solaire, avec une efficacité nette de conversion de l'ordre de 0,2–0,35 %, ce qui donne aux marais salés un taux relativement élevé de production nette à l'échelle du monde. Turner souligne que ces estimations ne tiennent pas compte de la production provenant des parties souterraines ni des pertes de production sous forme de matières organiques dissoutes. Ces deux voies peuvent être importantes, et on estime que la production nette totale pourrait être de trois fois supérieure à la production mesurée.

Parmi les espèces des marais salés, *S. alterniflora* constitue l'espèce la plus étudiée. Cette spartine est responsable de la plus grande partie de la production dans les marais de l'Amérique du Nord, et sa production nette à une latitude de 45° N, c'est-à-dire celle de la région de Quoddy, est de l'ordre de 400–500 g (poids sec) par m^3 et par an.

La structure de la production au sein même du marais varie aussi en fonction de la latitude. Au nord de 38° N, Turner (1976) a trouvé qu'aucune partie aérienne de *S. alterniflora* ne survivait à l'hiver. Au nord de 38° N, la production de *Spartina* est donc essentiellement saisonnière, avec un pic d'abondance en été. Teal (1962) et Teal et Teal (1969) soulignent qu'alors que la croissance de *Spartina* est saisonnière, la production algale croît en hiver du fait que les herbes ne font plus écran.

Nombre de chercheurs se sont intéressés au pourcentage de la production nette qui est exporté avec le jusant sous forme de détritus et d'autres matériaux, ce qui représente une source d'énergie alimentaire pour les écosystèmes côtiers. Teal (1962) a calculé qu'en Georgie, les exportations prennent 45 % de la production nette. Ce chiffre est peut-être supérieur à la moyenne, mais Turner (1976) a découvert que la quantité de matière organique morte qui reste dans les marais diminue à mesure que l'amplitude des marées augmente. Il semble donc probable que les exportations atteignent un volume important dans les marais de la région de Fundy.

Il est reconnu que les détritus constituent l'agent principal de l'exportation d'énergie. Leur formation à partir de la végétation morte, particulièrement *Spartina* sp., a été étudiée en détail. May (1974) a montré que les moisissures jouaient un rôle majeur dans la dégradation, avec l'aide des bactéries. Ce processus est complété par l'action des herbivores et des détritivores comme les mollusques et les crustacés de marais salés. Teal (1962) a montré que la vitesse de décomposition était au maximum dans le marais de submersion, le temps de dégradation y étant inférieur à 3,5 mois. Au niveau plus élevé, la dégradation complète prend jusqu'à 5,5 mois. Teal a travaillé en Georgie et, à des latitudes plus nordiques, la dégradation est plus lente. La teneur en hydrates de carbone, en graisses et en calories diminue à mesure que la dégradation avance, mais le pourcentage de protéines s'élève à mesure que se constituent des populations microbiotiques.

Relations entre les substances nutritives dans les marais salés

Ranwell (1962) signale que, dans les marais salés et les autres systèmes côtiers, la substance nutritive la plus fréquemment limitante est l'azote. Le phosphore et les oligoéléments ne le sont habituellement pas, quoique le fer puisse l'être dans certains cas. Le cycle de l'azote dans les marais salés est donc d'une importance primordiale, et a d'ailleurs reçu une attention considérable. L'azote total augmente normalement dans le sol des marais salés à mesure que l'on s'éloigne de la mer (Ranwell, 1962); ce phénomène signale probablement un taux plus élevé

d'absorption de l'azote dans le marais de submersion. La concentration naturelle de l'azote et sa recirculation par la minéralisation sont complétées par l'apport de deux sources principales : les particules organiques amenées par la mer et la fixation de l'azote dans l'écosystème du marais salé. Le gain lié à cette première source est probablement plus que compensé par l'exportation des détritus. La fixation de l'azote par les plantes vasculaires des marais salés a été étudiée par Patriquin (1977), Patriquin et Keddy (1978), Teal *et al.* (1979), et d'autres. Carpenter *et al.* (1978) ont étudié le rôle des algues bleues dans le processus. Travaillant en Nouvelle-Écosse, Patriquin et Keddy (1978) ont trouvé que l'azote était fixé au niveau des racines de 15 plantes communes des marais salés. Bien que les espèces de *Spartina* ne soient pas sur cette liste, d'autres auteurs ont démontré qu'elles pouvaient être associées à ce processus. Carpenter *et al.* (1978) ont relevé une fixation importante de l'azote à la surface du marais par l'algue bleue *Brachytrichia quoyi* et dans les « mattes » algales par *Calothrix crustacea*. Au total, une grande quantité d'azote est fixée dans les marais salés, et cela contribue certainement à leur forte productivité.

Méthodes d'étude des marais salés

Il est facile d'identifier la flore des marais salés en se référant à Hotchkiss (1970), Roland et Smith (1969), Scoggan (1978) et Ursin (1972). Pour identifier la faune et les algues, utiliser la série de manuels signalés au chapitre 4.

L'étude sur le terrain ne nécessite pas une grande quantité de matériel spécialisé ni l'emploi de techniques particulières. Pour établir des profils en coupe, on peut utiliser les méthodes décrites par Thomas au chapitre 4; toutefois, l'absence d'horizon sur de nombreux profils nécessite l'emploi d'un niveau pour le repérage.

Pour estimer l'abondance, il est bon d'utiliser des quadrats multiples de 1/10 m^2 placés à intervalles rapprochés le long des transects. Il est important de veiller à la distribution aléatoire des échantillons.

La mesure de la biomasse présente davantage de problèmes, particulièrement si l'on veut tenir compte des parties souterraines. Habituellement, des échantillons de 1/10 m^2 sont satisfaisants.

Les paramètres physiques comme la température, la dimension des particules du sol, etc. peuvent être mesurés grâce à des techniques standard. La salinité du sol peut toutefois présenter un problème. La faible perméabilité et la faible porosité des sols des marais salés rendent difficile le prélèvement d'autre chose que des échantillons de très petite taille. Il peut être nécessaire de comprimer ou de centrifuger les échantillons pour obtenir le matériel d'étude. Le réfractomètre constitue le moyen le plus pratique pour mesurer la salinité dans de petits échantillons.

En ce qui concerne les techniques utilisées pour estimer la production, étudier les substances nutritives, etc., les chercheurs sont renvoyés aux résumés de Chapman (1960, 1964, 1977), Ranwell (1972), Reimold et Queen (1974), etc.

Description de certains sites

Marais Manawagonish

Bien que situé un peu à l'extérieur de la région de Quoddy, le marais salé Manawagonish (voir fig. 1), qui se trouve dans la partie sud-ouest de Saint-Jean, constitue un site idéal d'étude et d'enseignement. La figure 3 indique sa forme, son emplacement et ses voies d'accès. On l'atteint du nord-ouest par la route nº 1, et du sud-est par la route de l'anse Sand. La flore et la faune du marais sont typiques de la région. Certaines zones du marais présentent des perturbations d'origine anthropique et les effets d'un enrichissement de l'apport en substances nutritives. Un cordon littoral pénètre dans le marais. C'est le meilleur site de la région pour observer les résultats d'un affaissement de la côte. L'extrémité inférieure du marais est constituée par une vieille digue, maintenant éventrée, en contrebas de laquelle se trouvent de grandes vasières. Certaines zones intérieures du marais ont été modifiées par la construction d'un champ de tir (qui est abandonné depuis longtemps).

La composition biotique ne diffère pas tellement de la situation typique décrite ci-dessus dans la section concernant les communautés et la zonation, à l'exception du fait qu'une bonne partie de la bordure du marais est constituée soit par la banquette d'une route soit par un cordon littoral formé de sable et de gravier. À ces endroits, les communautés de la bordure du marais sont réduites ou absentes, et l'herbe à liens (*Spartina pectinata*) n'y est présente que de façon occasionnelle.

La figure 4 montre deux profils caractéristiques allant de la bordure du marais au chenal principal. Leur emplacement est indiqué à la figure 3. L'un des profils (3A) est situé à l'endroit où la berge du chenal principal s'érode, et la levée de rive est donc absente. L'autre présente une levée bien développée typique d'une situation de stabilité ou d'engraissement.

La figure 4 montre aussi une situation caractéristique de ce marais, et la dominance en fonction de la biomasse qui repose principalement sur deux plantes : *Spartina alterniflora* et *Salicornia* sp. *S. alterniflora* domine à la fois le marais d'émersion et le marais de submersion, mais *Spartina patens* apparaît tout de même en plaques dans le marais d'émersion. On trouve communément dans le marais de submersion, et en association avec *S. alterniflora*, *Suaeda maritima*, *Atriplex patula*, *Plantago maritima*, *Triglochin maritima* et *Limonium nashii*. Dans le marais d'émersion, *S. patens*, *Glaux maritima* et *Potentilla anserina* sont communes. Cette dernière espèce et *Salicornia*, qui est plus abondante à ce niveau que dans les zones de submersion, égaient le marais de leurs couleurs rouge et argent après les premières gelées automnales.

Il est bon de souligner que presque toutes les espèces de marais salé qui vivent dans le marais de Manawagonish présentent des schémas de distribution à surdispersion, avec un rapport écart / moyenne élevé. Les seules exceptions, qui présentaient une distribution aléatoire, étaient *S. alterniflora* à la partie inférieure des berges des chenaux seulement (ailleurs, on notait une nette surdispersion), *Suaeda marina* et *Atriplex patula*, ainsi que certains arthropodes terrestres dans la partie supérieure du marais.

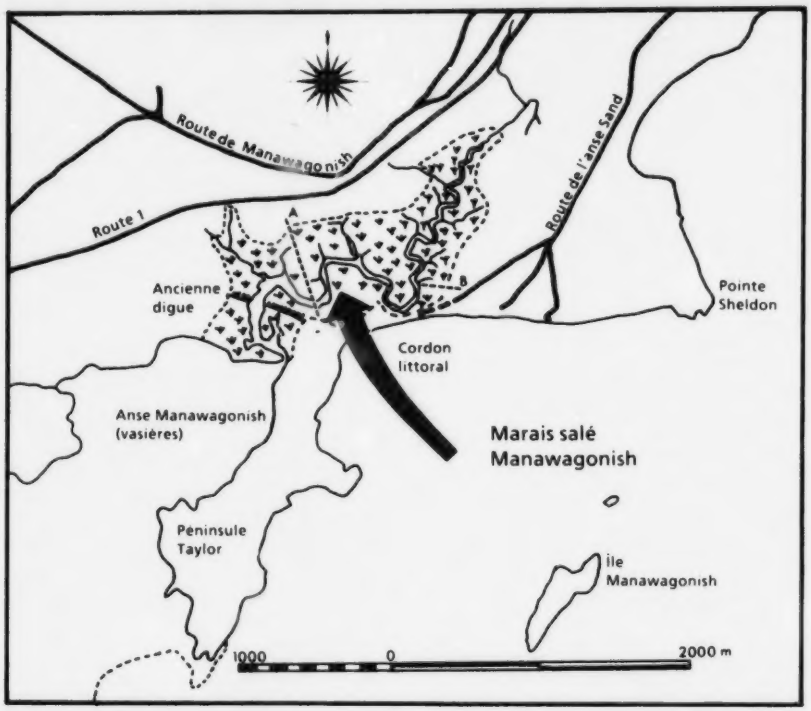


FIG. 3 À l'ouest de Saint-Jean, le marais salé Manawagonish et ses voies d'accès. Les deux transects signalés dans le texte sont indiquées par les lettres A et B.

Ces types de distribution à surdispersion des principaux éléments du biote donnent aux étendues du marais une apparence de mosaïque caractéristique.

La biomasse atteint un maximum à la fin de l'été et montre un gradient de diminution prononcé du marais de submersion au marais d'émersion. La biomasse caractéristique à la marge du chenal principal atteint 840–880 g/m^2 (poids sec). Dans les zones centrales, cette quantité se situe habituellement à 350–680 g/m^2 et, dans la partie supérieure du marais d'émersion, à 150–388 g/m^2. Ce niveau n'est toutefois atteint qu'en présence de *Spartina* sp.; sinon, il dépasse rarement 100 g/m^2, et se situe fréquemment en dessous de 50 g/m^2.

Des échantillons de sédiments prélevés le long de transects comme ceux qui apparaissent aux figures 3 et 4 montrent des modifications importantes dans la distribution des particules selon la taille. Sur le flanc du chenal principal, la taille moyenne des particules est habituellement < 3 μm, et s'élève jusqu'à environ 30 μm sur la rive ou levée du chenal; une taille moyenne de 23 à 28 μm est caractéristique des marais de submersion et augmente régulièrement dans le marais d'émersion pour dépasser 1 000 μm au niveau extrême de la pleine mer. Le pourcentage de sable et de gravier (particules de plus de 63 μm) s'élève selon le même gradient pour passer de 2–3 % sur le flanc du chenal à 2–9 % dans les zones basses, 20–50 % dans les zones plus élevées et enfin plus de 50 % à la marge du marais. Les autres particules (limons et argiles de moins de 63 μm) montrent la tendance contraire, et les argiles (< 4 μm) dominent seulement dans les sédiments des flancs du chenal.

Le pourcentage de matière organique dans le sol s'élève, passant d'environ 5 % (poids sec) sur le flanc du chenal à 5,5–7,5 % sur les étendues planes puis tombe à 1–1,5 % à la limite terrestre du marais.

Dans les zones planes, la couche de sol aérée mesure en moyenne 8 cm d'épaisseur et recouvre des dépôts anoxiques de couleur noire.

MARAIS UPPER DUCK, ÎLE CAMPOBELLO

La figure 5 montre l'emplacement du marais salé Upper Duck, sur l'île Campobello (voir à la figure 1 la localisation générale). Ce marais se trouve dans le parc international Roosevelt-Campobello, et il est donc protégé des intrusions et des dégradations. Il est séparé de la mer par un cordon littoral bien développé constitué de sable et de gravier, au-dessous duquel se trouvent de grandes étendues de sable vaseux. Un ruisseau d'eau douce coule dans le marais et se jette dans la mer par une ouverture dans la partie ouest du cordon littoral. À aucun endroit le marais ne se transforme graduellement en vasière. Il présente des communautés très caractéristiques et constitue un excellent exemple de la transition du marais salé à la forêt terrestre d'épinette. Le marais Great Duck, qui se trouve juste à l'est, est de forme similaire mais de

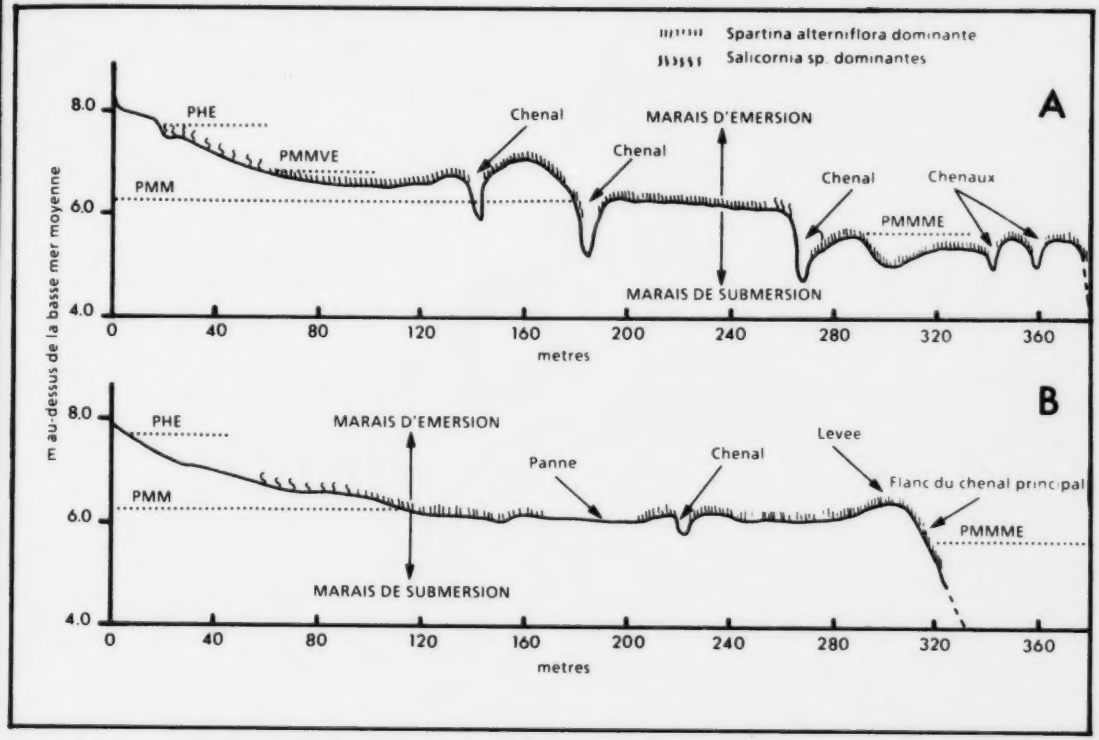


FIG. 4 Profils en coupe des deux transects du marais Manawagonish, montrant les éléments superficiels et la végétation dominante. PHE = plus hautes eaux; PMMVE = pleine mer moyenne de vive eau; PMMME = pleine mer moyenne de morte eau; PMM = pleine mer moyenne.

plus grande taille. Il lui manque toutefois le ruisseau d'eau douce, et le cordon littoral y est complet. Il s'agit donc d'un marais doux. Ces deux marais constituent d'excellents exemples à comparer et révèlent l'importance d'un cours d'eau qui maintient une ouverture dans le cordon littoral et permet à la mer de pénétrer à marée haute.

La figure 6 montre un profil en coupe du marais allant de la limite terrestre au flanc du chenal; la position du transect est indiquée à la figure 5. L'anse Upper Duck est constituée entièrement par un marais d'émersion au profil très plat (l'échelle verticale est exagérée) présentant de nombreuses pannes de grande taille sur la majeure partie de sa surface. Il n'y existe qu'un chenal d'importance. Toutefois, le marais présente deux zones distinctes — une zone inférieure dominée par *Spartina alterniflora* et une zone supérieure dominée par des étendues alternantes de *S. patens* et de *Plantago maritima*. La figure 6 montre aussi la distribution des espèces communes du marais, qui elles aussi se répartissent en deux groupes selon l'élévation.

Le marais Upper Duck semble présenter une zonation comprimée, peut-être causée par le sol très plat qui retient efficacement les eaux de mer et d'écoulement. Ce sol est par endroits très tourbeux, tout comme dans les marais situés plus au sud.

Remerciements

Je remercie les étudiants Fred Page et Gary Thompson de l'Université du Nouveau-Brunswick qui m'ont permis d'utiliser des données recueillies sur le terrain. Je suis aussi reconnaissant à mon assistante, Donna Baxter, qui m'a aidé sur le terrain et lors des analyses de laboratoire.

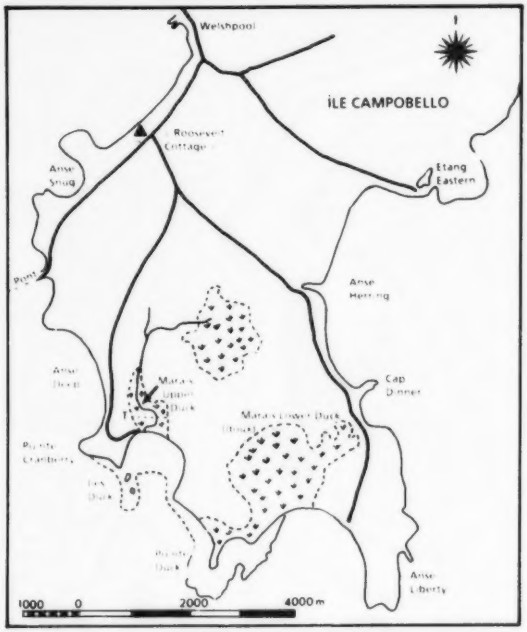


FIG. 5 Extrémité sud de l'Île Campobello, emplacement du marais salé Upper Duck et voies d'accès. Le transect signalé dans le texte est indiqué par la lettre T.

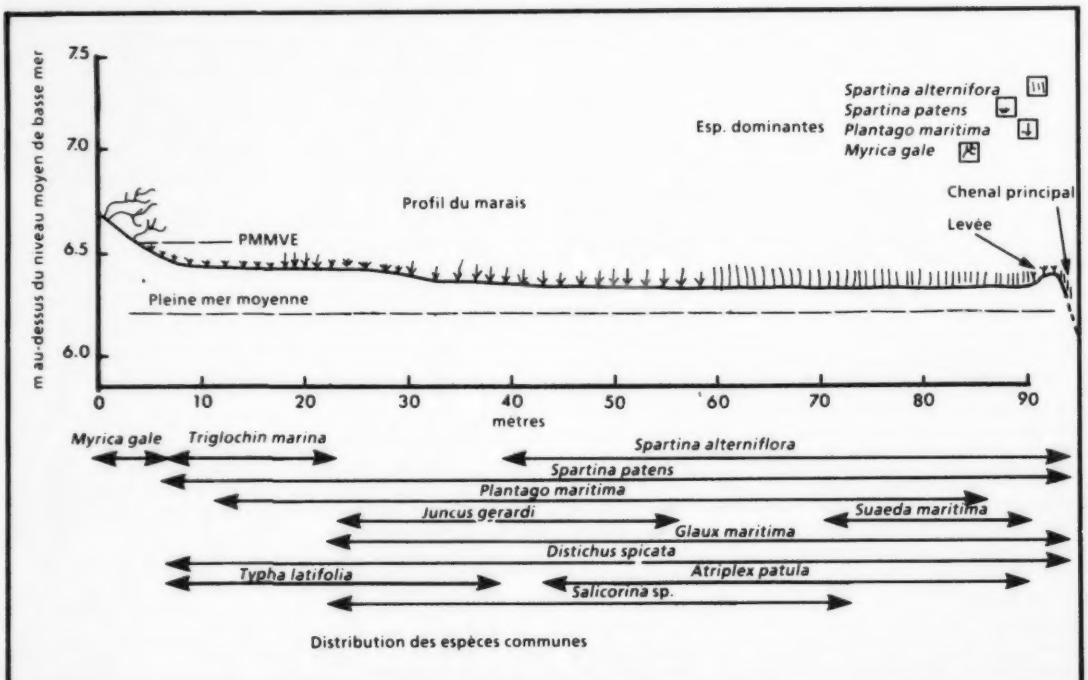


FIG. 6 Profil en coupe d'un transect pratiqué sur le marais salé Upper Duck, montrant les éléments superficiels et la végétation dominante, ainsi que la distribution des espèces communes. PMMVE = pleine mer moyenne de vive eau.

Références

ADRIANI, J.J. 1945. Sur la phytosociologie, la synécologie et le bilan d'eau de Halophytes de la Région Néerlandaise Méridionale, ainsi que la Méditerranée Française. SIGMA Gronigen. 88 : 1–217.

BAKER, J.M. 1970. Oil and salt marsh soil. Symposium on Ecological Effects of Oil Pollution on Littoral Communities, Inst. of Petroleum, Londres. p. 1–10.

BLEAKNEY, J.S. 1972. Ecological implications of annual variation in tidal extremes. Ecology 53 : 933–938.

BLEAKNEY, J.S. ET K.H. BAILEY. 1967. Re-discovery of the salt marsh saccoglossan, *Alderia modesta* Loven, in eastern Canada. Proc. Malacol. Soc. Lond. 37 : 347–349.

BOUSFIELD, E.I. 1973. Shallow water gammaridean amphipoda of New England. Compstock, Cornell University Press, Ithaca, NY. 312 p.

CARPENTER, E.J., C.D. VAN RAALTE ET I. VALIELA. 1978. Nitrogen fixation by algae in Massachusetts salt marsh. Limnol. Oceanogr. 23 : 318–327.

CHAPMAN, V.J. 1937. A note on the salt marshes of Nova Scotia. Rhodora 39 : 53–57.

1960. Salt marshes and salt deserts of the world. Leonard Hill, Londres. 392 p.

1964. Coastal vegetation. The Commonwealth and International Library, Botany Division, Vol. 3. Pergammon Press, Inc., Londres. 245 p.

[ÉD.]. 1977. Ecosystems of the world. 1. Wet coastal ecosystems. Elsevier Scientific Publ. Co., New York, NY. 428 p.

DAIBER, F.C. 1977. Salt marsh animals : distributions related to tidal flooding, salinity and vegetation, p. 79–108. *Dans* V.J. Chapman [éd.] Ecosystems of the world. 1. West coastal ecosystems. Elsevier Scientific Publ. Co., New York, NY.

DAVIS, L.V. ET I.E. GRAY. 1966. Zonal and seasonal distribution of insects in North Carolina salt marshes. Ecol. Monogr. 36 : 275–295.

EVANS, G. 1965. Intertidal flat sediments and their environments of deposition in the wash. Q. J. Geol. Soc. Lond. 121 : 209–245.

GANONG, W.F. 1903. The vegetation of the Bay of Fundy salt and dyked marshes : an ecological study. Bot. Gaz. 36 : 161–186, 280–302, 349–367, 429–455.

HOTCHKISS, N. 1970. Common marsh plants of the United States and Canada. U.S. Fish Wildl. Serv. Resource Publ. N93 : 99 p.

JAKOBSEN, B., K.M. JENSEN ET N. NIELSON. 1955. Forlag til landvindingsarbejdr langs den sømderjyske vadehavskyst. Geogr. Tidsskr. 55 : 62–87.

KUENZLER, E.J. 1961. Phosphorus budget of a mussel population. Limnol. Oceanogr. 6 : 400–415.

MAY, M.S. 1974. Probable agents for the formation of detritus from the halophyte *Spartina alterniflora*, p. 429–440. *Dans* R.J. Reimold and W.H. Queen [éd.]. Ecology of halophytes. Academic Press, Inc., New York, NY.

MEDCOF, J.C. ET M.L.H. THOMAS. 1974. Surfacing on ice of frozen-in marine bottom materials. J. Fish. Res. Board Can. 31 : 1195–1200.

PATRIQUIN, D.G. 1977. Nitrogen fixation (acetylene reduction) associated with cord grass, *Spartina alterniflora* Loisel. U. Granhall [éd.]. Environmental role of nitrogen-fixing blue-green algae and asymbiotic bacteria. Bull. Ecol. Res. Comm. Stockholm 26.

PATRIQUIN, D.G. ET K. KEDDY. 1978. Nitrogenase activity (acetylene reduction) in a Nova Scotia salt marsh : its association with angiosperms and the influence of edaphic factors. Aquat. Bot. 4 : 224–244.

PETHICK, J. 1969. Drainage in tidal marshes, p. 725–730. *Dans* J.A. Steers [éd.]. The coastline of England and Wales. Cambridge University Press, Londres.

PHLEGER, F.B. 1977. Soils of marine marshes, p. 69–77. *Dans* V.J. Chapman [éd.]. Ecosystems of the world. 1. Wet coastal ecosystems. Elsevier Scientific Publ. Co., New York, NY.

RANWELL, D.S. 1972. Ecology of salt marshes and sand dunes. Chapman and Hall, Londres. 258 p.

REIMOLD, R.J. 1977. Aargals and salt marshes of eastern United States, p. 157–166. *Dans* V.J. Chapman [éd.]. Ecosystems of the world. 1. Wet coastal ecosystems. Elsevier Scientific Publishing Company, New York, NY.

REIMOLD, R.J. ET W.H. QUEEN. [éd.]. 1974. Ecology of halophytes. Academic Press Inc., New York, NY. 605 p.

ROLAND, A.E. ET E.C. SMITH. 1969. The flora of Nova Scotia. Proc. N.S. Inst. Sci. 26 : 746 p.

SCOGGAN, H.J. 1978. The flora of Canada. 4 parts. Can. Natl. Mus. Natur. Sci. 1711 p.

STEARNS, L.A. ET D. MACCREARY. 1957. The case of the vanishing brick dust. Mosquito News 17 : 303–304.

STEERS, J.A. Physiography, p. 31–60. *Dans* V.J. CHAPMAN [éd.]. Ecosystems of the world. 1. Wet coastal ecosystems. Elsevier Scientific Publ. Co., New York, NY. 428 p.

TEAL, J.M. 1962. Energy flow in the salt marsh ecosystem of Georgia. Ecology 43 : 614–624.

TEAL, J. ET M. TEAL. 1969. Life and death of the salt marsh. Atlantic Monthly Press, Little Brown and Co., Boston, MA. 278 p.

TEAL, J.M., I. VALIELA ET D. BERLO. 1979. Nitrogen fixation by the rhizosphere and free living bacteria in salt marsh sediment. Limnol. Oceanogr. 24 : 126–132.

THOMAS, M.L.H. 1973. An ecological survey of the intertidal zone from Cape Spencer to Point Lepreau, N.B. p. 354–419. *Dans* Lornville Impact, vol. 2 Environnement Canada et Pêches et Environnement, Nouveau-Brunswick.

1977. Intertidal resources of the Bay of Fundy. Fundy Tidal Power and the environment. Acad. Univ. Inst. Publ. 28 : 148–159.

TURNER, R.E. 1976. Geographic variations in salt marsh macrophyte production : a review. Contrib. Mar. Sci. 20 : 47–68.

URSIN, M.J. 1972. Life in and around the salt marshes. T.Y. Crowell, New York, NY. 100 p.

CHAPITRE 8

Substrats infralittoraux durs

A. LOGAN

Université du Nouveau-Brunswick, Saint-Jean (N.-B.)

A. A. MACKAY

Marine Research Associates, île Deer (N.-B.)

J.P.A. NOBLE

Université du Nouveau-Brunswick, Fredericton (N.-B.)

Introduction

Les substrats infralittoraux durs se retrouvent couramment dans les eaux côtières peu profondes de la partie occidentale de la baie de Fundy, et en particulier sur la côte nord-ouest; ils coïncident généralement avec des rivages rocheux ou escarpés composés de roches résistantes où l'agent d'altération principal est la désagrégation subaérienne plutôt que l'érosion marine. Dans cet environnement, des fragments de roche de grosseur allant du bloc au caillou tombent au pied de la falaise et forment une zone assez abrupte de débris rocheux submergés descendant progressivement dans la mer pour se transformer en sable et en boue, à des profondeurs supérieures à 30 m. Parfois, des affleurements rocheux sous-marins peuvent prendre la forme de saillies exposant leurs parois inclinées ou verticales, selon la disposition des strates et la direction des joints. Des substrats durs isolés se rencontrent également dans certaines eaux plus profondes où les forts courants de fond ont dénudé les moraines résiduelles (Fader *et al.*, 1977).

La répartition géographique des divers types de rivages dans la baie de Fundy, établie d'après des photographies aériennes, a été étudiée pour la première fois par Welsted (1974), puis décrite de façon plus détaillée par Owens (1977) et Owens et Bowen (1977). La complexité de la ligne de côte de la baie Passamaquoddy, avec ses baies, ses caps et ses îles, résulte de l'action combinée de nombreux facteurs dont la direction structurale sud-ouest nord-est, la résistance des roches du Paléozoïque, les effets de la glaciation et la submersion progressive des terres due à la hausse géologiquement récente du niveau de la mer. Dans la partie sud-ouest du Nouveau-Brunswick, le rivage est fortement marqué par la géologie de la couche rocheuse de la région (Logan et Noble, 1971). Ainsi, les roches ignées et métamorphiques de la série pré-acadienne[1] ont tendance à produire des rivages résistants à substrats de blocs rocheux tandis que les roches sédimentaires post-acadiennes donnent des rivages à substrats formés principalement de sable et de vase (fig. 1). Dans les environs immédiats de St. Andrews et dans la partie occidentale de la baie Passamaquoddy, la désagrégation et l'érosion des roches sédimentaires post-acadiennes de la fin du Dévonien et des sédiments du Quaternaire, combinées à un mode peu agité sous le vent de l'île Deer (Owens, 1977; Owens et Bowen, 1977) et au déversement de sédiments fluviatiles dans la baie, ont produit des substrats qui sont surtout sableux et vaseux. Les roches pré-acadiennes, plus résistantes, qui se trouvent plus au sud et à l'est de cette région, ont produit des substrats rocheux durs qui sont particulièrement bien développés près des îles qui entourent l'île Deer, l'île Campobello et Grand Manan. C'est dans ces eaux assez limpides qu'ont été faites presque toutes les études sur les substrats infralittoraux durs de la baie de Fundy (Logan et Noble, 1971; Noble *et al.*, 1976; MacKay, 1978). Dans la présente étude, toutefois, nous avons décrit les substrats de l'estuaire de la rivière St. Croix, de la baie Passamaquoddy, de la partie occidentale de la péninsule Letite et des îles Deer et Campobello.

Les substrats infralittoraux durs offrent un intérêt particulier pour les biologistes car ils sont l'habitat de différentes espèces de l'épifaune et de l'épiflore. Les formes sessiles et encroûtantes comprennent les coelentérés, les éponges, les bryozoaires, les branchiopodes, les balanes, les annélides, les bivalves et les tuniciers; les formes vagiles sont représentées par les échinodermes, les gastropodes, les amphineures et les arthropodes. Dans les eaux peu profondes où les conditions d'éclairement sont bonnes, les algues rouges calcaires encroûtantes sont communes sur les affleurements, où se fixent parfois quelques bancs de goémon. Entre et sous les blocs ainsi que sous les surplombs se trouvent de nombreux microhabitats, chacun ayant des conditions différentes d'éclairement, de température, d'énergie, d'approvisionnement en nourriture, de sédimentation, etc. qui favorisent l'existence d'un vaste éventail d'espèces cryptiques. De plus, certaines surfaces de roches ou de coquillages sont attaquées par des espèces foreuses qui creusent un réseau de trous ou de tunnels et contribuent à la formation de sédiments par bioérosion.

Les substrats infralittoraux durs de constitution récente présentent moins d'intérêt pour les géologues car ils constituent des stades transitoires d'érosion plutôt que de sédimentation, et, pour cette raison, ils n'apparaissent que rarement dans les relevés géologiques si ce n'est que

[1]Le terme « acadien » ne désigne pas un âge géologique mais un phénomène orogénique remontant, selon de nombreux géologues, à la fin du Dévonien moyen et au début du Dévonien supérieur (Poole *et al.*, 1970).

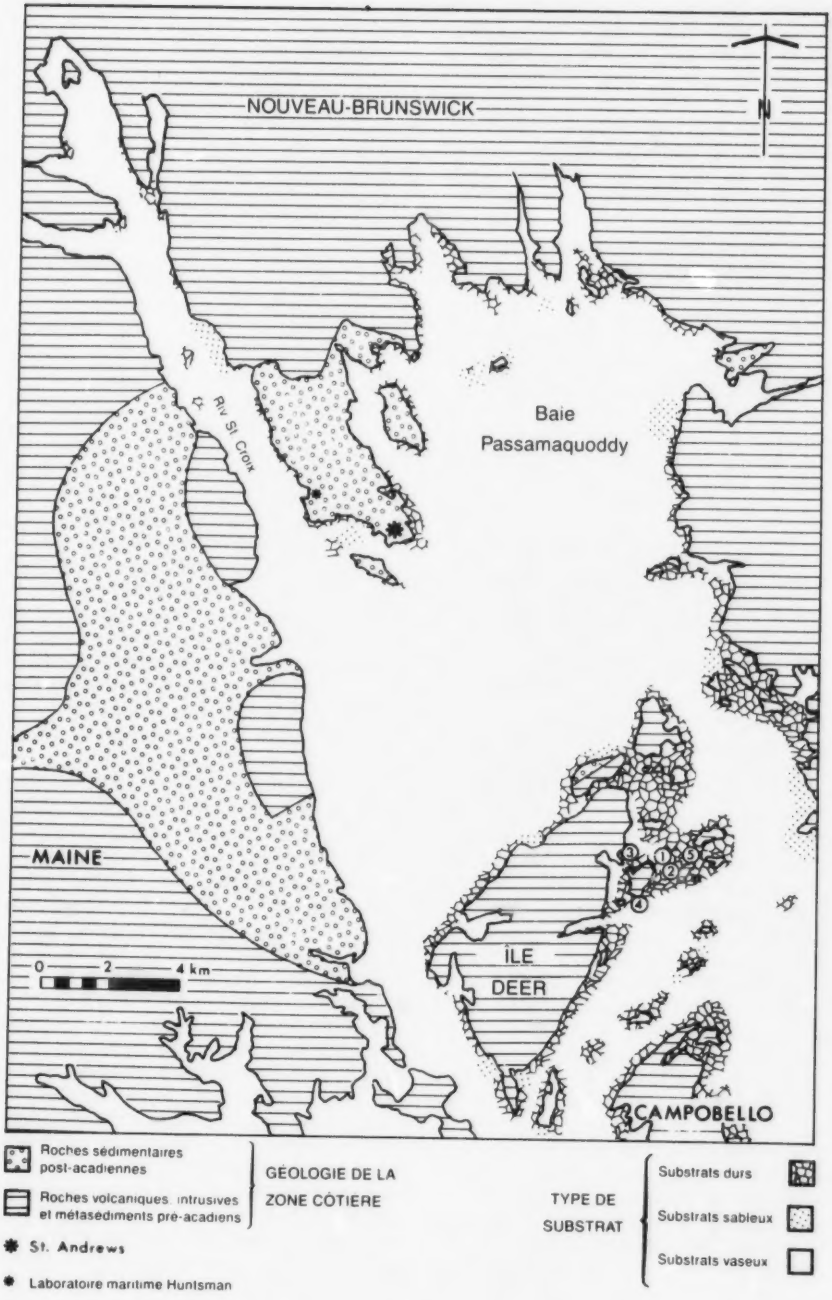


FIG. 1. Baie Passamaquoddy et régions adjacentes : relations entre les substrats infralittoraux peu profonds et les types de roches côtières. Site nº 1 : éperon Haddock A; nº 2, éperon Haddock B; nº 3, cap Hathaway; nº 4, île Bean; nº 5, île Nub (d'après Noble *et al.*, 1976; MacKay, 1978).

comme couches sus-jacentes aux lacunes de sédimentation. Toutefois, la mention récente dans les relevés géologiques d'anciens fonds océaniques qui se seraient lithifiés avant leur enfouissement a suscité un regain d'intérêt pour ces fonds marins durcis (« hard grounds »); Noble *et al.*, (1976) ont montré de nombreuses similitudes entre les biotes des fonds durcis du Jurassique et du Crétacé et ceux des substrats infralittoraux durs présents dans la baie de Fundy, ce qui indiquerait qu'une telle communauté constitue un modèle acceptable pour toutes les populations des substrats durs. L'étude des communautés des substrats infralittoraux durs présente un intérêt certain pour la reconstitution paléoécologique, mais à part quelques études sur les habitats récifaux de coraux et d'algues, les recherches sont peu nombreuses. On peut cependant mentionner celles de chercheurs français et scandinaves faites pendant les vingt dernières années et dont il est question plus loin.

Le but de la présente étude n'est pas de discuter en détail de la validité du concept de communauté appliqué aux peuplements benthiques marins (voir Jones, 1950, Mills, 1969 et Stephenson, 1973 pour des études approfondies du sujet). Nous avons plutôt opté pour le concept de communauté d'un point de vue biocénotique, en nous fondant sur les notions de dominance et de constance (Thorson, 1957; Stephenson, 1973). Dans la baie de Fundy, on peut distinguer des communautés caractéristiques des substrats durs et des communautés caractéristiques des substrats meubles; de plus, à l'intérieur même de ces communautés, il existe des variables, tantôt discrètes et tantôt graduelles, associées sans doute à divers paramètres physiques comme la température, la salinité, l'éclairement et le substrat, et à des facteurs biotiques comme l'interaction des espèces et les relations trophiques.

Aux fins de la présente étude, il est établi que les substrats infralittoraux durs de la baie de Fundy comprennent les affleurements rocheux (saillies), les blocs (roches dont le diamètre est supérieur à 256 mm), les gros cailloux (diamètre de 64 à 256 mm) et les petits cailloux (diamètre de 2 à 64 mm) de même que les substrats durs organiques comme les coquillages morts ou vivants. Nous incluons également les substrats artificiels comme les quais, poteaux et pieux des trappes, sur lesquels se fixent les organismes benthiques.

Nous utilisons la terminologie d'auteurs français (Pérès, 1967) pour diviser le système infralittoral en étages en fonction non pas de la profondeur mais de la composition du biote. Ainsi, l'étage infralittoral s'étend des plus basses eaux jusqu'à la profondeur maximale compatible avec l'existence des algues photophiles qui correspond approximativement à un niveau d'éclairement de 1 %; il coïncide à peu de chose près à la zone euphotique et atteint une profondeur de 15 m dans la région de l'île Deer. L'étage circalittoral s'étend du niveau le plus bas des algues photophiles jusqu'à la limite du plateau continental; bien que cette zone soit aphotique, il est théoriquement possible que des algues sciaphiles parviennent à survivre malgré les mauvaises conditions d'éclairement, comme en Méditerranée.

Méthodes d'échantillonnage

La collecte et l'étude subséquente du biote et des sédiments associés des substrats infralittoraux durs se sont révélées plus difficiles que pour les substrats meubles. En premier lieu, il est difficile de prélever des échantillons sur les fonds rocheux, même en eau peu profonde, en utilisant les méthodes d'échantillonnage à distance classiques comme le dragage. Deuxièmement, la multitude de microhabitats sur les substrats pose de sérieux problèmes au chercheur qui essaie de différencier les facteurs limitants de nature physique des interactions biologiques. Par exemple, Drach (1958) a reconnu huit microhabitats différents sur les substrats rocheux infralittoraux de la Bretagne en tenant compte de la pente des surfaces rocheuses et de ses effets sur les facteurs environnementaux. En raison de ces difficultés, les études biologiques des substrats infralittoraux durs non carbonés ont été assez peu nombreuses et même rares avant l'utilisation de scaphandres autonomes. La mise au point progressive de techniques de plongée libre a permis aux scientifiques d'atteindre directement les fonds rocheux en eau peu profonde jusqu'à une profondeur d'environ 40 m, soit la limite de sécurité approximative pour la plongée à l'aide d'appareils respiratoires conventionnels. Au-delà de cette profondeur, des submersibles peuvent être utilisés pour l'observation directe et le prélèvement d'échantillons (Laborel *et al.*, 1961; Vaissière et Carpine, 1964); autrement, on peut toujours tenter de prélever des échantillons par des méthodes de collecte à distance dont la fiabilité est limitée.

Échantillonnage à distance

Holme (1971) a analysé les méthodes d'échantillonnage à distance (indirectes) comme les dragues, les chaluts, les bennes, mais il a également souligné leur inefficacité pour prélever un échantillon intact et représentatif des fonds rocheux. Nous avons utilisé avec succès des dragues munies d'anneaux métalliques pour échantillonner le benthos des zones d'eau profonde, mais les chaluts et les bennes sont totalement inadéquats sur les substrats durs dont la dimension des particules est supérieure au petit caillou. Dans les régions plus profondes de la baie de Fundy, Caddy (1970) a obtenu un certain succès en utilisant une drague à pétoncles pour prélever des échantillons du biote des substrats coquilliers, tandis que Emery *et al.* (1965) et Fader *et al.* (1977) ont photographié et remonté quelques blocs rocheux des eaux profondes au large de la côte orientale de l'Amérique du Nord en utilisant des caméras télécommandées fixées à des bennes.

Échantillonnage manuel

Dans les eaux peu profondes, la meilleure façon de prélever des échantillons sur les substrats infralittoraux durs consiste à envoyer des plongeurs équipés de scaphandres autonomes. De cette manière, un plongeur qualifié

(de préférence un chercheur) peut faire des observations directes, prendre des photographies et recenser les populations puis ramener à la surface des échantillons du biote, du substrat et des sédiments qui seront analysés en laboratoire. Les techniques d'étude et de contrôle des zones infralittorales par les plongeurs ont récemment été résumées par Hiscock (1979). Si l'on étudie seulement certaines formes du benthos, comme les échinidés, on peut les dénombrer puis les ramasser le long de transects (Forster, 1959; Larsson, 1968; Mackay, 1976). Hiscock et Hoare (1973) et Gulliksen et Deras (1975) ont décrit des collecteurs à succion actionnés par des plongeurs et utilisés pour la faune des fonds rocheux; une fois photographiées, les formes à peine fixées sont facilement aspirées par le collecteur, mais les formes bien fixées doivent être détachées à l'aide d'un couteau. Nous avons utilisé un échantillonneur Brett modifié (Holme, 1971) pour prélever des échantillons de sédiments coquilliers lorsqu'il n'est pas important de recueillir les particules fines.

Dans le cas de très gros blocs ou d'affleurements rocheux où il est impossible de prélever la roche, il peut être nécessaire de gratter la surface pour détacher le biote, notamment lorsque prédominent les espèces fixées ou encroûtantes. Plusieurs méthodes ont été utilisées à cet effet, surtout par les chercheurs français qui ont étudié les substrats infralittoraux durs de la Méditerranée (Vacelet, 1967; True, 1970; Harmelin, 1976). Avant de prélever des échantillons du biote, il faut toujours photographier la surface étudiée. Un membre de notre équipe (A. L.) procède comme suit pour étudier les formes fixées sur les bancs de rochers dans la zone infralittorale de la baie de Fundy. Il photographie d'abord la population *in situ*, en format simple ou en couple stéréoscopique, à l'aide d'un appareil Nikonos amphibie de 35 mm muni d'un objectif de 28 mm et d'une lentille d'approche et équipé d'un flash électronique et d'une pellicule couleur à grain fin (fig. 2a, 11). Le chercheur utilise un cadre de 310 cm^2; il photographie la superficie couverte par ce cadre pour enregistrer les relations spatiales, la densité, etc. (voir aussi Gulliksen, 1974, 1978); puis il gratte la surface du substrat à l'aide d'un couteau et recueille des échantillons du biote dans un filet fixé à une lampe sous-marine. Les photographies sont utilisées pour les analyses ultérieures, car les plongées sont de courte durée dans les eaux froides, les impressions visuelles trompeuses et les organismes parfois perdus ou endommagés par le grattage au point d'être méconnaissables. Les photographies permettent aussi de contrôler régulièrement les régions étudiées; Lundälv (1971), Torlegard et Lundälv (1974), et Rorslett *et al.* (1978) ont utilisé la photographie en format simple et en couple stéréoscopique pour mesurer la densité, la couverture et la distribution par taille à intervalles de temps réguliers, à l'aide de techniques photogrammétriques. Ce type d'échantillonnage périodique offre un grand potentiel pour l'étude de la dynamique des communautés, de même que pour la manipulation expérimentale *in situ* des populations des zones étudiées (Bohnsack, 1979). Dans une étude récente, George (1980) a examiné l'utilisation des techniques photographiques comme outil de recherche.

L'emploi des transects linéaires consiste à dénombrer et à collecter des espèces constituant le biote le long d'une ligne fixée sur le fond océanique. Les techniques utilisées à cet effet ont été décrites par Holme (1971). Des quadrats de taille diverses sont souvent utilisés conjointement aux transects et ont souvent été employés pour prélever des échantillons sur des récifs coralliens (Loya, 1978). La méthode utilisée par MacKay (1975, 1978) pour faire un transect dans la baie de Fundy est illustrée à la figure 3. Les transects offrent des avantages par rapport à l'échantillonnage au hasard en ce qu'ils permettent de prélever des échantillons sur tous les types de substrats et font apparaître l'étagement selon la profondeur, le cas échéant. MacKay (1975, 1978) et Noble *et al.* (1976) ont tous deux tracé des transects perpendiculaires à la côte et établi des stations d'échantillonnage à intervalles réguliers le long des transects.

Enfin, l'échantillonnage de peuplements en développement par l'immersion de substrats artificiels pendant des périodes variables a été utilisé pendant de nombreuses années et sert encore pour l'étude des salissures (par ex. Anger, 1978).

Analyse en laboratoire

Les analyses en laboratoire du macrobenthos consistent généralement à conserver et à identifier les espèces recueillies et à calculer le poids frais et le poids sec sans cendre de la biomasse (voir Thorson, 1957 pour une description détaillée des techniques). La superficie couverte par les espèces peut être évaluée à partir de photographies (Bohnsack, 1979) ou par quadrillage appliqué aux roches. Elle peut aussi être calculée par le sondage par points (Sutherland, 1974). La numération des formes fixées aux substrats durs présente certaines difficultés, notamment dans le cas des colonies, comme les bryozoaires encroûtants. Noble *et al.* (1976) ont compté toutes ces colonies comme des individus tout en reconnaissant que les mesures de l'abondance relative et de la dominance des espèces sont influencées par cette méthode. La dimension des particules des sédiments échantillonnés pose aussi des problèmes; ainsi, le test d'un simple oursin peut être fractionné en centaines de plaquettes ou de piquants tandis que les coquilles des mollusques et des brachiopodes sont plus dures. La fragmentation différente selon les divers degrés de dureté des squelettes peut également expliquer la faible présence des bryozoaires dans toutes les fractions granulométriques des échantillons de sédiments, à l'exception des plus fines (Noble *et al.*, 1976). L'absence de tuniciers et de coelentérés sessiles dans les sédiments est nettement associée à l'absence virtuelle de squelette calcaire chez les représentants vivants de ces groupes dans la baie de Fundy; il faut en tenir compte dans les études comparatives des communautés (biocénoses) et des assemblages d'espèces fossiles (thanatocénoses) dans les sédiments adjacents.

Peuplements biotiques

L'existence de peuplements particuliers sur les substrats infralittoraux durs de la baie de Fundy a été mise en évidence grâce surtout aux études entreprises dans la région de l'île Deer (Logan et Noble, 1971; Webb, 1976; et Noble *et al.*, 1976) et aux travaux de collecte et d'étude

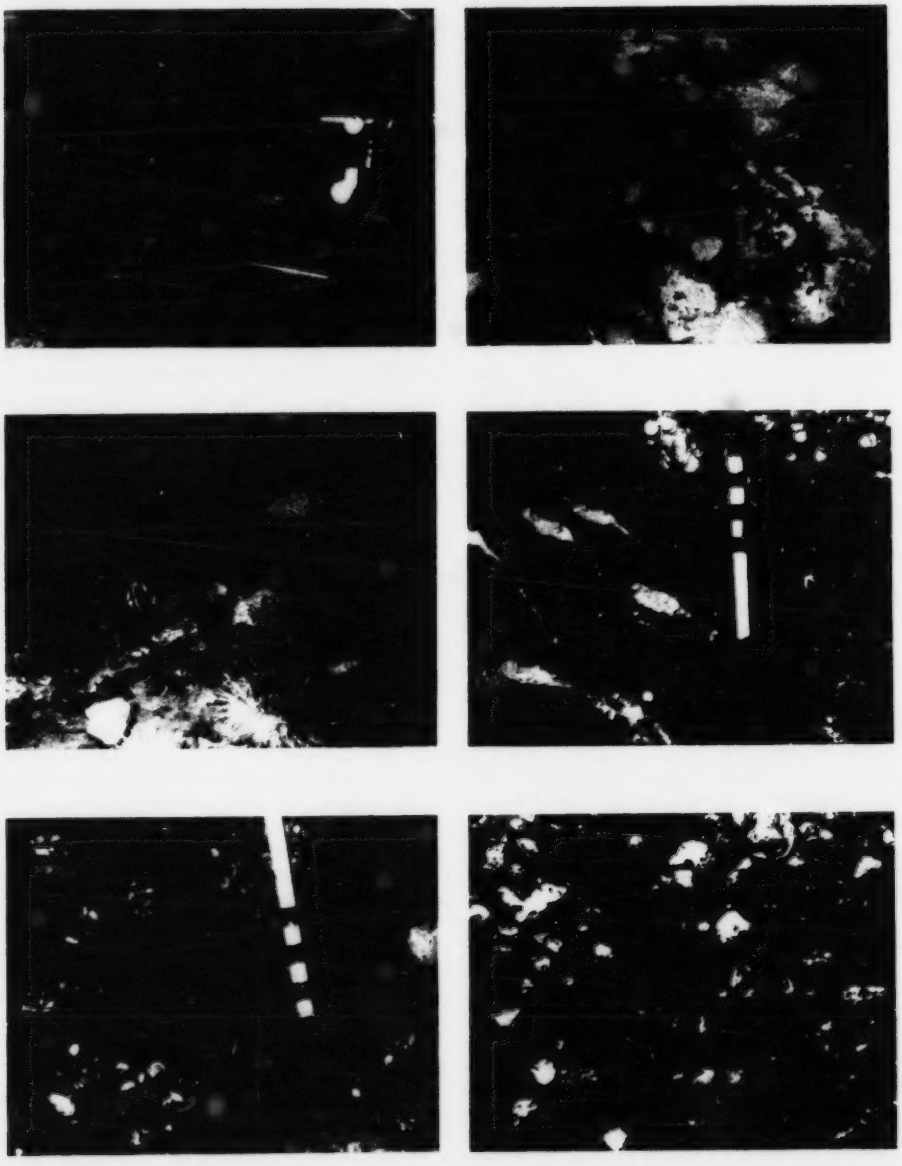


FIG. 2 a) Gros plan d'un affleurement rocheux très incliné pris à l'aide d'un appareil Nikonos, à une profondeur de 3 m, dans l'île Nub; b) blocs rocheux recouverts d'algues, poches de sédiments riches en coquilles, et oursins, 8 m, île Nub; c) blocs rocheux, sédiments et biote sur une étroite plate-forme, 10 m, île Nub; d) biote fixé à une paroi verticale, 18 m, île Nub (échelle de 12 po de long, courant de droite à gauche indiqué par l'inclinaison des tuniciers pédonculés; e) brachiopodes, éponges et anémones fixés à la paroi, 26 m, île Nub (échelle de 12 po); f) sédiments riches en coquilles à la base de la paroi, 30 m, île Nub (crevette d'environ 15 cm de long).

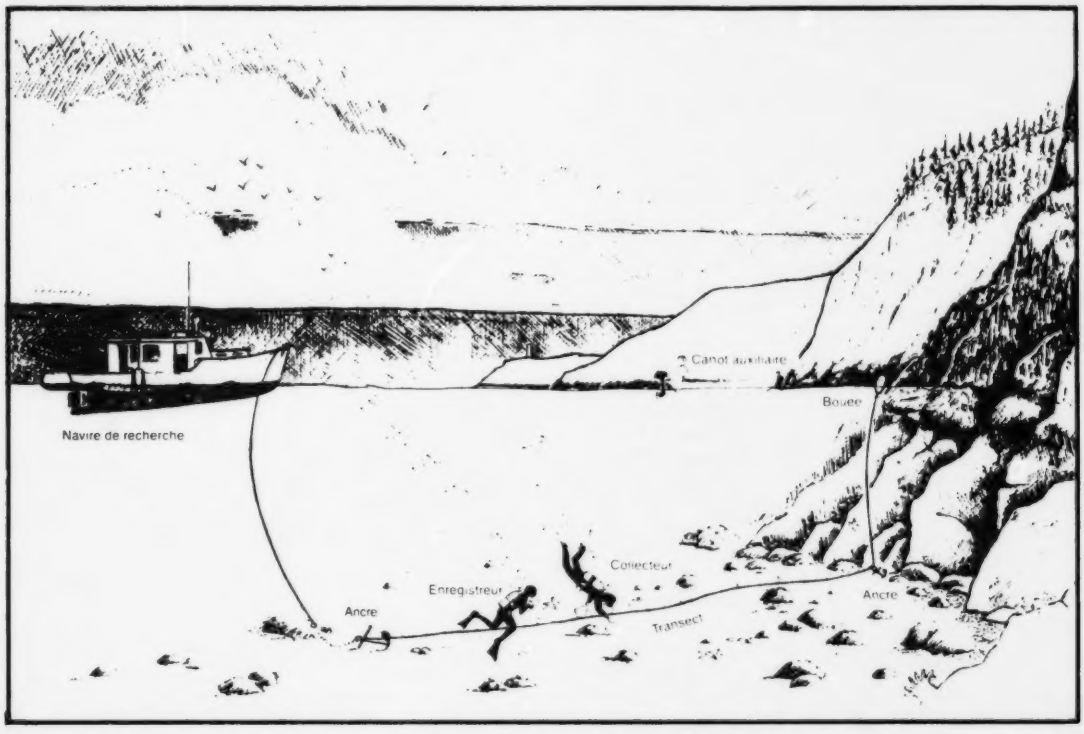


FIG. 3. Méthode d'étude sur transect d'un fond rocheux infralittoral, baie de Fundy (d'après MacKay, 1975, 1978)

sur transects menés pendant quinze ans par MacKay (1975, 1978) au large de la côte sud-ouest du Nouveau-Brunswick et des îles.

Noble *et al.* (1976) ont d'abord cru que le benthos des substrats infralittoraux durs de la région de l'île Deer appartenait à un seul peuplement qu'ils ont appelé peuplement à *Terebratulina septentrionalis*[2] en raison de la présence généralisée, évidente et récurrente du brachiopode articulé *Terebratulina septentrionalis*, espèce particulière qui fréquente exclusivement les substrats durs. Ils ont également divisé le peuplement en trois sous-peuplements, soit ceux des cavités, des flancs des rochers et des surfaces supérieures. Le peuplement dans son ensemble est hétérogène dans le temps et dans l'espace et occupe deux étages, soit l'étage infralittoral peu profond et l'étage circalittoral plus profond. Le peuplement à *Terebratulina septentrionalis* de l'étage infralittoral vit sur la face inférieure des roches ainsi que dans les fissures et sous les surplombs jusqu'à une profondeur de 20 m. Dans l'étage circalittoral qui s'étend au-dessous de 50 m, le peuplement commence à coloniser les surfaces supérieures ainsi que les côtés des blocs rocheux et des saillies. Sa présence à cette profondeur a été établie grâce à des travaux de dragage entrepris par Caddy (1970) et par des membres de l'Institut océanographique de Bedford (données inédites), à des photographies prises par Emery *et al.* (1965) et Fader *et al.* (1977) et à des photographies récentes et inédites de Logan. Dans les eaux de profondeur moyenne (20 à 50 m) de l'étage circalittoral, le peuplement peut occuper une zone de transition constituée par les parois rocheuses plus ou moins verticales et peu éclairées. On peut ainsi reconnaître dans ce peuplement une série de sous-peuplements (les « faciès » de Pérès et Picard, 1964) associés à des facteurs physiques et peut-être biotiques.

L'autre peuplement caractéristique maintenant reconnu est le peuplement à algues corallines crustacées (sous-peuplement des surfaces supérieures du peuplement à *Terebratulina septentrionalis*, selon Noble *et al.*, 1976) qui domine sur les surfaces supérieures dans l'étage infralittoral à des profondeurs allant jusqu'à environ 20 m (la limite exacte dépend de la turbidité et de la pénétration de la lumière qui en résulte). Dans cet étage, ce peuplement est étroitement associé au peuplement à *Terebratulina septentrionalis* bien qu'il se retrouve à la surface et sur les côtés des roches et des saillies exposées à la lumière tandis que le peuplement à *Terebratulina septentrionalis* est à peu près cantonné à la partie inférieure des blocs. Au-delà de 20 m, le peuplement à algues corallines

[2]Ce peuplement semble correspondre, du moins en partie, au peuplement des fonds rocheux de l'est de l'Atlantique (Jones, 1950) et au peuplement à *Modiolus modiolus* de la même région (Roberts, 1975; Hiscock et Mitchell, 1980).

crustacées se mêle progressivement au peuplement à *Terabratulina septentrionalis* qui commence à sortir de son habitat cryptique pour recouvrir le flanc des roches et, à des profondeurs plus grandes, la surface des roches et des saillies. La relation entre ces deux peuplements est illustrée à la figure 4.

La classification sus-mentionnée ne comprend pas les biotes qui adhèrent aux objets fabriqués par l'homme comme les pilots des quais, les pieux et les bouées, ni les biotes fixés aux substrats coquilliers qui ne peuvent être définis en raison du nombre insuffisant d'études.

Le tableau 1 montre la répartition du biote de ces peuplements sur les substrats durs de la région de l'île Deer et de l'île Campobello, et de la région de Letete et de la baie Passamaquoddy ainsi que la fréquence d'observation de chaque espèce dans ces régions; certaines des espèces les plus communes sont représentées sur les planches I et II. Les figures 5 et 6 respectivement montrent la répartition des organismes sur un fond rocheux infralittoral généralisé et sur les ouvrages de bois fabriqués par l'homme comme les pontons et les pilots. Le tableau 1 indique une diversité, une abondance et une fréquence plus grandes des espèces dans la région de l'île Deer comparativement à la région baie Passamaquoddy–Letete et à l'île Campobello. D'après MacKay (1978), cela pourrait s'expliquer par de nombreux facteurs, notamment la diversité du relief, la présence d'étroits chenaux entre les îles et la force des marées qui provoque un brassage vertical prononcé, lequel assure la distribution des substances nutritives dans toute la colonne d'eau et met le phytoplancton des couches superficielles à la portée des organismes benthiques qui se nourrissent de matière en suspension.

Peuplement à algues corallines crustacées

Ce peuplement, récemment décrit par Page (1981), est caractérisé par la présence généralisée de plusieurs espèces d'algues corallines encroûtantes non identifiées. MacKay (1978) a utilisé l'expression zone du *lithothamnion* pour décrire les surfaces exposées, jusqu'à une profondeur approximative de 20 m, où les algues corallines encroûtantes occupent près de la totalité de la superficie. Parmi les autres algues, on peut mentionner les algues filamenteuses brunes et rouges telles que les espèces *Agarum* et *Laminaria*, qui débordent le bas de la zone intertidale et vivent en eau très peu profonde. Sont également communs (mais pas toujours présents partout), dans les eaux peu profondes, la patelle *Acmaea testudinalis*, la moule commune *Mytilus edulis*, l'anémone de mer *Metridium senile*, l'ascidie *Halocynthia pyriformis*, et les espèces mobiles comme les chitons *Ischnochiton alba* et *I. ruber* et les échinodermes *Asterias vulgaris*, *Cucumaria frondosa* et *Strongylocentrotus droebachiensis*. Dans les eaux plus profondes, les algues diminuent progressivement en importance[3] et les formes communes comprennent une variété d'éponges comme *Halichondria*, *Haliclona* et *Iophon*; les tuniciers *Boltenia ovifera* et *B. echinata* et l'ophiure *Gorgonocephalus arcticus*. Les modioles *Modiolus modiolus* et les pétoncles d'Islande *Chlamys islandicus* sont fixés aux roches par leur glande byssale et une variété d'arthropodes, tant sessiles (balanes) que mobiles (crabes, homards, crevettes, araignées de mer), se retrouve à toutes les profondeurs sur les surfaces dures.

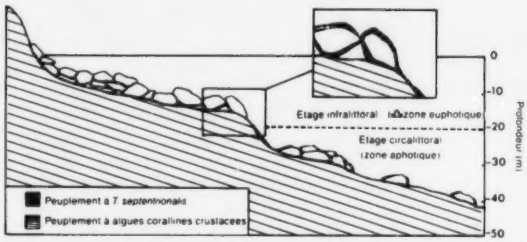


FIG. 4. Profil de l'étage infralittoral montrant les relations spatiales entre les deux peuplements des substrats durs (la distance horizontale n'est pas à l'échelle).

En ce qui concerne le régime trophique, le peuplement à algues corallines crustacées est dominé par les organismes se nourrissant de matière en suspension (tant actifs que passifs) qui filtrent presque continuellement l'eau de mer à la recherche de particules alimentaires en suspension. Il en est ainsi des balanes, des bivalves, des coelentérés et des tuniciers. Il existe divers niveaux d'alimentation : ainsi, les tuniciers pédonculés *Boltenia ovifera* et *Halocynthia pyriformis* se trouvent soulevés au-dessus du substrat et collectent la nourriture à un niveau plus élevé dans la colonne d'eau que les espèces qui vivent près du substrat. Le concept de la répartiton des ressources (alimentaires) d'après les niveaux de collecte par rapport au substrat, mis de l'avant par Turpaeva (1957) pour les peuplements des fonds unis, est plus difficile à appliquer aux peuplements des substrats durs où le relief varie, tout comme varie la distance des organismes au substrat, car ils sont souvent fixés les uns aux autres.

La deuxième catégorie de consommateurs comprend les brouteurs herbivores comme la patelle *Acmaea testudinalis*, les chitons et l'oursin *Strongylocentrotus droebachiensis* qui peut collecter sa nourriture à la surface des roches ou des sédiments (MacKay, 1976). Viennent ensuite les carnivores et nécrophages comme *Asterias vulgaris* et les buccins *Buccinum* et *Neptunea*. Quelques arthropodes qui remanient les sédiments comme *Hyas* et *Pagurus* peuvent entrer dans la catégorie des détritivores ou des nécrophages. La difficulté d'établir une classification rigide des modes de collecte de la nourriture est illustrée par certains organismes comme les balanes ou les anémones de mer qui ont sans doute la capacité de sélectionner les particules selon leur taille plutôt que leur type et qui peuvent entrer de ce fait dans les catégories des organismes qui se nourrissent de matière en suspension et

[3]Bien que le peuplement d'algues corallines crustacées se limite à la couche supérieure de 20 m dans la région de l'île Deer de la baie de Fundy, il peut se rencontrer à une plus grande profondeur, lorsque les eaux sont plus limpides. Par exemple, au large de la côte sud-est de Terre-Neuve, à une profondeur de 44 m, de nombreuses formes de ce peuplement sont visibles sur les photographies prises par L.H. King.

TABLEAU I. Répartition du biote des peuplements des substrats infralittoraux durs dans la baie de Fundy : P, baie Passamaquoddy; L, région de Letete; D, île Deer; Co, île Campobello; R, rare; C, commun; A, abondant. Les fréquences ont été observées à 72 endroits pour la région de la baie Passamaquoddy et de Letete, à 96 endroits pour l'île Deer et à 46 endroits pour l'île Campobello, la plupart pendant des plongées (MacKay, 1978).

Groupe	Espèces	Peuplement à algues corallines crustacées		Peuplement à *Terebrat. septent.*		Substrats artificiels		Substrats coquilliers		Fréquence d'observation (%)		
		P-L	D-Co	P-L	D-Co	P-L	D-Co	P-L	D-Co	P-L	D	Co
Spongiaires	*Leucosolenia botryoides*	—	—	C	R	C	R	—	—	5,6	3,1	0,0
	Scypha ciliata	—	—	R	R	R	R	—	—	1,4	3,1	4,3
	Haliclona (Chalina) oculata	A	C	—	—	A	C	—	—	12,5	53,1	21,7
	Halichondria sp.	A	C	A	C	A	C	—	C	33,3	89,6	37,0
	Suberites sp.	R	R	—	—	—	R	—	—	2,8	1,0	2,2
	Iophon pattersoni	—	C	—	R	—	C	—	—	0,0	60,4	0,0
	Type *Myxilla*	R	C	—	—	R	C	—	—	1,4	68,8	4,3
	Type *Melanochora*	—	R	—	—	—	R	—	—	0,0	4,2	0,0
	Cliona celata	R	R	—	R	—	R	—	R	0,0	3,1	0,0
Coelentérés	*Tubularia* sp.	A	C	—	—	C	C	—	C	12,5	91,7	10,9
	Coryomorpha pendula	—	C	—	—	R	A	—	—	12,5	49,0	0,0
	Obelia sp.	C	A	C	A	C	A	—	A	26,4	52,1	8,7
	Antennularia sp.	R	C	—	—	—	—	—	C	2,8	58,3	2,2
	Hydractinia sp.	—	—	—	—	—	—	—	R	0,0	2,1	0,0
	Aurelia schyphistoma	—	—	—	C	—	C	—	C	0,0	7,3	2,2
	Alcyonium digitatum	—	C	—	—	—	—	—	C	0,0	27,1	0,0
	Gersemia rubiformis	C	C	—	—	—	—	—	A	2,8	44,8	4,3
	Tealia felina	C	C	—	C	C	C	—	—	6,9	93,8	26,1
	Metridium senile	A	A	—	A	A	A	—	—	38,9	91,7	32,6
Ném.	*Amphiporus* sp.	—	—	R	C	—	—	—	—	6,9	35,4	0,0
Bryozoaires	esp. infratidales dressées	A	—	A	C	A	C	—	C	15,3	85,4	30,4
	esp. infratidales encroûtantes	—	—	A	C	A	C	—	C	13,9	58,3	15,2
Brach.	*Terebratulina septentrionalis*	—	—	R	A	—	R	—	C	1,4	91,7	28,3
Mollusques	*Ischnochiton alba*	C	—	C	C	—	—	—	—	9,7	75,0	4,3
	Ischnochiton ruber	A	C	A	A	—	—	—	—	54,3	95,8	29,2
	Tonicella marmorea	R	R	R	—	—	—	—	—	2,8	1,0	0,0
	Acmaea testudinalis	C	C	C	C	—	—	—	—	47,2	85,4	60,9
	Margarites sp.	C	C	C	C	—	—	—	—	8,3	34,4	6,5
	Crucibulum striatum	R	R	—	—	—	—	—	R	1,4	2,2	2,2
	Crepidula fornicata	—	R	—	—	—	—	—	R	4,2	2,2	2,2
	Velutina sp.	R	R	—	—	—	—	—	R	2,2	1,0	2,2
	Buccinum undatum	C	C	C	C	C	C	—	—	45,8	96,9	43,5
	Neptunea decemcostata	C	C	—	—	—	—	—	—	22,2	94,8	34,8
	Colus stimpsoni	—	C	—	—	—	—	—	—	0,0	68,8	8,7
	Dendronotus sp.	C	—	C	—	C	C	—	—	2,8	46,9	6,5
	Coryphella sp.	C	C	C	C	C	C	—	—	11,1	44,8	6,5
	Aeolidia papillosa	R	R	—	—	R	R	—	—	1,4	13,5	0,0
	Puncturella noachina	R	—	R	R	—	—	—	—	1,4	1,4	0,0
	Nassarius obsoletus	R	—	—	—	—	—	—	—	1,4	0,0	0,0
	Acanthodoris pilosa	C	C	C	C	C	C	—	—	5,6	?	?

	Espèces	Peuplement à algues corallines crustacées		Peuplement à *Terebrat. septent.*		Substrats artificiels		Substrats coquilliers		Fréquence d'observation (%)		
		P-L	D-Co	P-L	D-Co	P-L	D-Co	P-L	D-Co	P-L	D	Co
Mollusques	*Onchidoris* sp.	C	C	C	C	C	—	—	—	5,6	29,2	4,3
	Musculus sp.	—	R	R	—	R	R	—	—	1,4	1,0	2,2
	Modiolus modiolus	C	A	—	—	—	—	—	—	9,7	85,4	26,1
	Anomia sp.	C	—	C	C	C	C	—	C	2,8	33,3	2,2
	Hiatella arctica	C	C	C	C	C	C	—	—	6,9	64,6	2,2
	Zirphaea crispata	R	—	—	—	—	—	—	—	1,4	0,0	0,0
	Chlamys islandicus	—	C	—	C	—	—	—	—	0,0	61,5	4,3
	Mytilus edulis	C	C	—	—	—	—	—	—	43,1	94,8	21,7
Annélides	*Lepidonotus* sp.	C	—	C	C	C	C	—	—	13,9	92,7	8,7
	Harmothoe sp.	—	—	R	C	R	C	—	—	4,2	19,8	0,0
	Nereis pelagica	—	—	—	—	—	R	—	—	0,0	1,4	0,0
	Potamilla sp.	R	C	—	—	—	—	—	—	1,4	65,6	0,0
	Myxicola infundibulum	C	A	C	C	C	A	—	—	11,1	93,8	28,3
	Filograna sp.	R	R	R	R	—	—	—	—	1,0	1,0	2,2
	Spirorbis sp.	C	C	C	C	C	C	—	C	22,2	88,5	4,3
	Amphitrite johnstoni	C	—	C	C	C	—	—	—	8,3	85,4	0,0
Arthropodes	*Balanus balanus*	C	C	C	C	C	C	—	C	19,4	92,7	15,2
	Balanus crenatus	—	C	—	—	—	C	—	C	0,0	29,2	0,0
	Caprella sp.	—	—	—	—	C	C	—	—	2,8	28,1	0,0
	Spirontocaris spinus	—	C	—	—	C	C	—	—	4,2	16,7	0,0
	Pandalus montagui	C	C	—	C	C	C	—	—	9,7	90,6	19,6
	Homarus americanus	C	C	C	C	—	—	—	—	11,1	77,1	15,2
	Pagurus sp.	C	A	—	—	—	—	—	—	29,2	95,8	67,4
	Hyas sp.	C	C	—	—	C	C	—	—	8,3	93,8	2,2
	Cancer sp.	C	A	C	A	C	A	—	—	31,9	100,0	32,6
	Carcinus maenas	C	—	—	C	C	C	—	—	30,6	28,1	0,0
	Nymphon sp.	—	R	—	R	—	—	—	—	0,0	1,0	0,0
Échinodermes	*Psolus fabricii*	C	C	—	—	—	—	—	—	26,4	39,6	28,3
	Cucumaria frondosa	C	C	C	—	C	—	—	—	33,3	71,9	21,7
	Strongylocentrotus droebachiensis	A	A	—	R	A	A	R	R	62,5	100,0	84,8
	Hippasterias phrygiana	—	R	—	—	—	—	—	—	0,0	18,8	4,3
	Solaster endeca	C	C	—	—	—	—	—	—	9,7	50,0	6,5
	Solaster papposus	R	C	—	—	—	—	—	—	2,8	77,1	4,3
	Pteraster militaris	—	C	—	—	—	—	—	—	0,0	39,6	0,0
	Henricia sanguinolenta	C	C	C	C	C	C	—	—	22,2	93,8	43,5
	Asterias forbesi	C	R	C	—	C	—	—	—	38,9	2,1	0,0
	Asterias vulgaris	C	A	—	—	C	A	—	—	52,8	96,9	69,6
	Gorgonocephalus arcticus	—	C	—	—	—	—	—	—	0,0	64,6	6,5
	Ophiopholis aculeata	—	A	C	A	—	—	—	—	19,4	95,8	23,9
	Amphiopholis squamata	—	—	R	R	—	—	—	—	1,4	1,4	0,0

	Espèces	Peuplement à algues corallines crustacées		Peuplement à *Terebrat. septent.*		Substrats artificiels		Substrats coquilliers		Fréquence d'observation (%)		
		P-L	D-Co	P-L	D-Co	P-L	D-Co	P-L	D-Co	P-L	D	Co
Prochordés	*Ciona intestinalis*	—	—	R	—	—	—	—	—	1,4	0,0	0,0
	Botryllus schlosseri	—	R	—	R	R	R	—	—	2,8	1,0	2,2
	Boltenia ovifera	C	A	—	—	C	A	—	—	6,9	89,6	23,9
	Boltenia echinata	R	C	R	C	R	C	—	C	2,8	82,3	6,5
	Halocynthia pyriformis	C	A	—	—	C	A	—	—	34,7	91,7	23,9
	Molgula sp.	—	C	—	C	—	C	—	C	0,0	16,7	2,2
Chordés	*Raja* sp.	—	R	—	—	—	—	—	—	0,0	2,2	2,1
	Hemitripterus americanus	—	C	—	—	—	C	—	—	0,0	65,6	15,2
	Myoxocephalus sp.	C	C	—	—	—	—	—	—	25,0	39,6	15,2
	Cyclopterus sp.	—	R	—	—	—	—	—	—	0,0	2,1	4,3
	Liparis sp.	—	R	—	—	—	R	—	—	0,0	1,0	2,1
	Pseudopleuronectes americanus	A	C	—	—	A	—	—	—	38,9	72,9	17,4
	Anguilla rostrata	—	—	C	—	—	—	—	—	4,2	0,0	0,0
	Pholis sp.	—	—	C	C	—	—	—	—	11,1	32,3	26,1
Algues	*Gigartina* sp.	R	—	—	—	—	—	—	—	1,4	0,0	0,0
	Lithothamnion polymorphum	A	A	—	—	—	—	—	—	48,6	99,0	84,8
	Phycodrys sp.	R	C	—	—	R	—	—	—	1,4	33,3	8,7
	Desmarestia sp.	R	C	—	—	—	—	—	—	1,4	50,0	23,9
	Laminaria sp.	C	—	—	—	—	C	—	C	12,5	49,0	39,1
	Agarum sp.	C	C	—	—	C	C	—	C	9,7	66,7	63,0
	Porphyra sp.	R	C	—	—	—	C	—	—	4,2	14,6	8,7
	Alaria sp.	—	C	—	—	—	C	—	—	0,0	5,2	32,6
	Ulva sp.	R	C	—	—	R	C	—	—	23,6	63,5	28,3

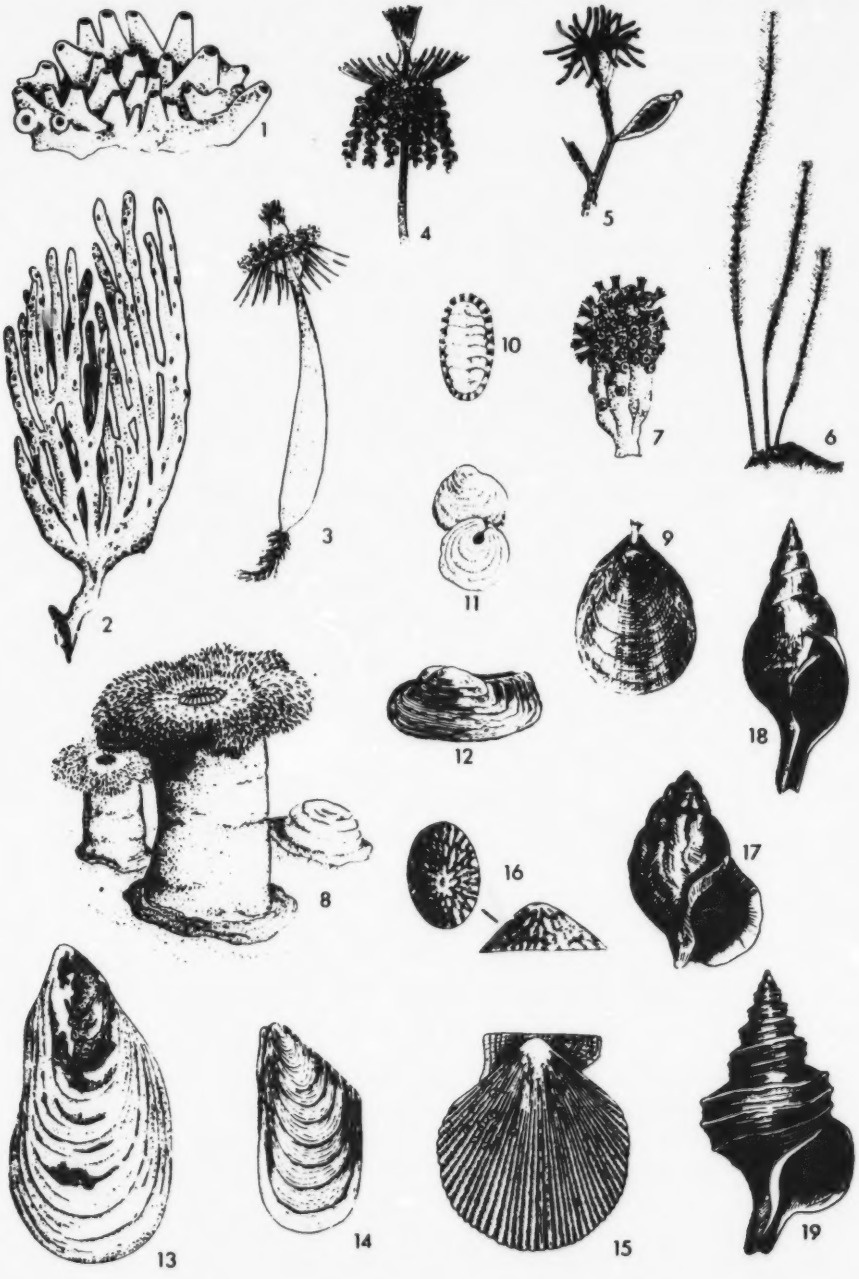


PLANCHE I. 1, *Halichondria* sp., × 1; 2, *Haliclona oculata*, × 0,25; 3, *Coryomorpha pendula*, × 1; 4, *Tubularia* sp., × 2; 5, *Obelia* sp., × 4; 6, *Antennularia* sp., × 0,75; 7, *Gersemia rubiformis*, × 0,5; 8, *Metridium senile*, × 3; 9, *Terebratulina septentrionalis*, × 1; 10, *Ischnochiton ruber*, × 1; 11, *Anomia* sp., × 1; 12, *Hiatella arctica*, × 1; 13, *Modiolus modiolus*, × 0,5; 14, *Mytilus edulis*, × 1; 15, *Chlamys islandicus* × 0,5; 16, *Acmaea testudinalis*, × 0,5; 17, *Buccinum undatum*, × 0,5; 18, *Colus stimpsoni*, × 0,5; 19, *Neptunea decemcostata*, × 0,5 (© A.A. MacKay 1973).

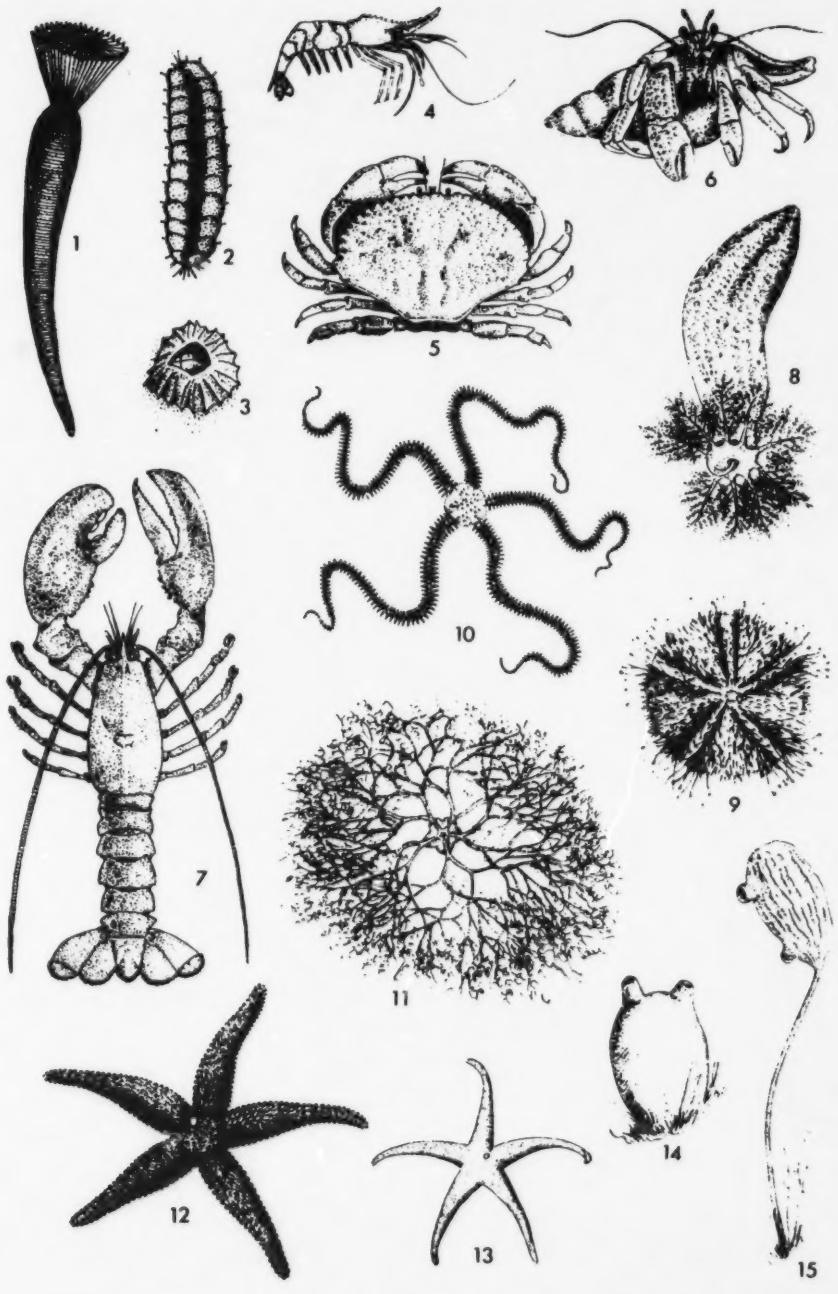


PLANCHE II. 1, *Myxicola infundibulum*, × 0,5; 2, *Lepidonotus* sp., × 0,5; 3, *Balanus balanus*, × 1; 4, *Pandalus montagui*, × 0,5; 5, *Cancer* sp., × 0,25; 6, *Pagurus* sp., × 0,5; 7, *Homarus americanus*, × 0,1; 8, *Cucumaria frondosa*, × 0,25; 9, *Strongylocentrotus droebachiensis*, × 0,5; 10, *Ophiopholis aculeata*, × 0,5; 11, *Gorgonocephalus arcticus*, × 0,25; 12, *Asterias vulgaris*, × 0,25; 13, *Henricia sanguinolenta*, × 0,25; 14, *Halocynthia pyriformis*, × 0,25; 15, *Boltenia ovifera*, × 0,25 (© A.A. MacKay 1973).

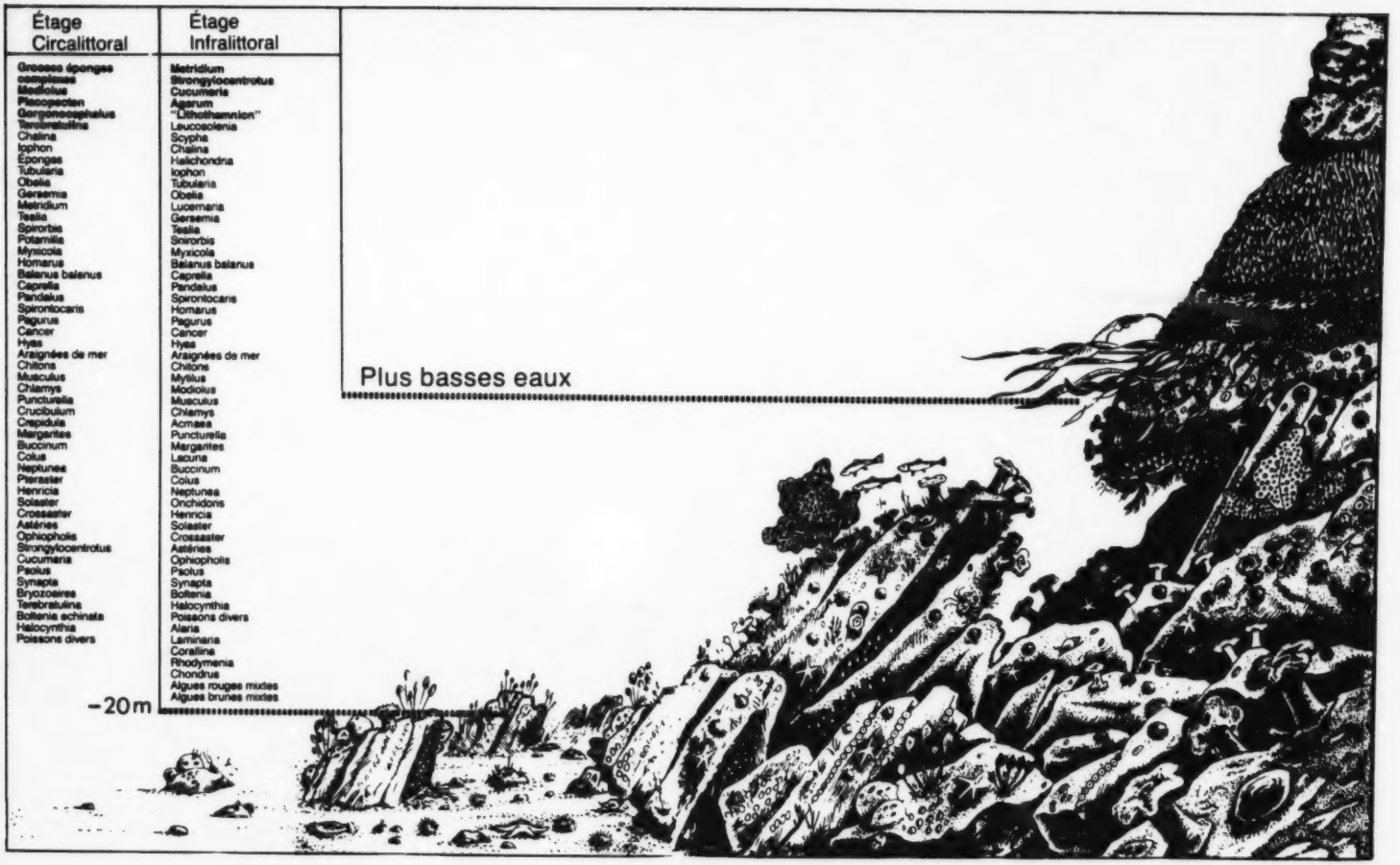


FIG. 5. Profil généralisé d'un substrat infralittoral dur et des principaux biotes benthiques, baie de Fundy (d'après MacKay, 1975, 1978).

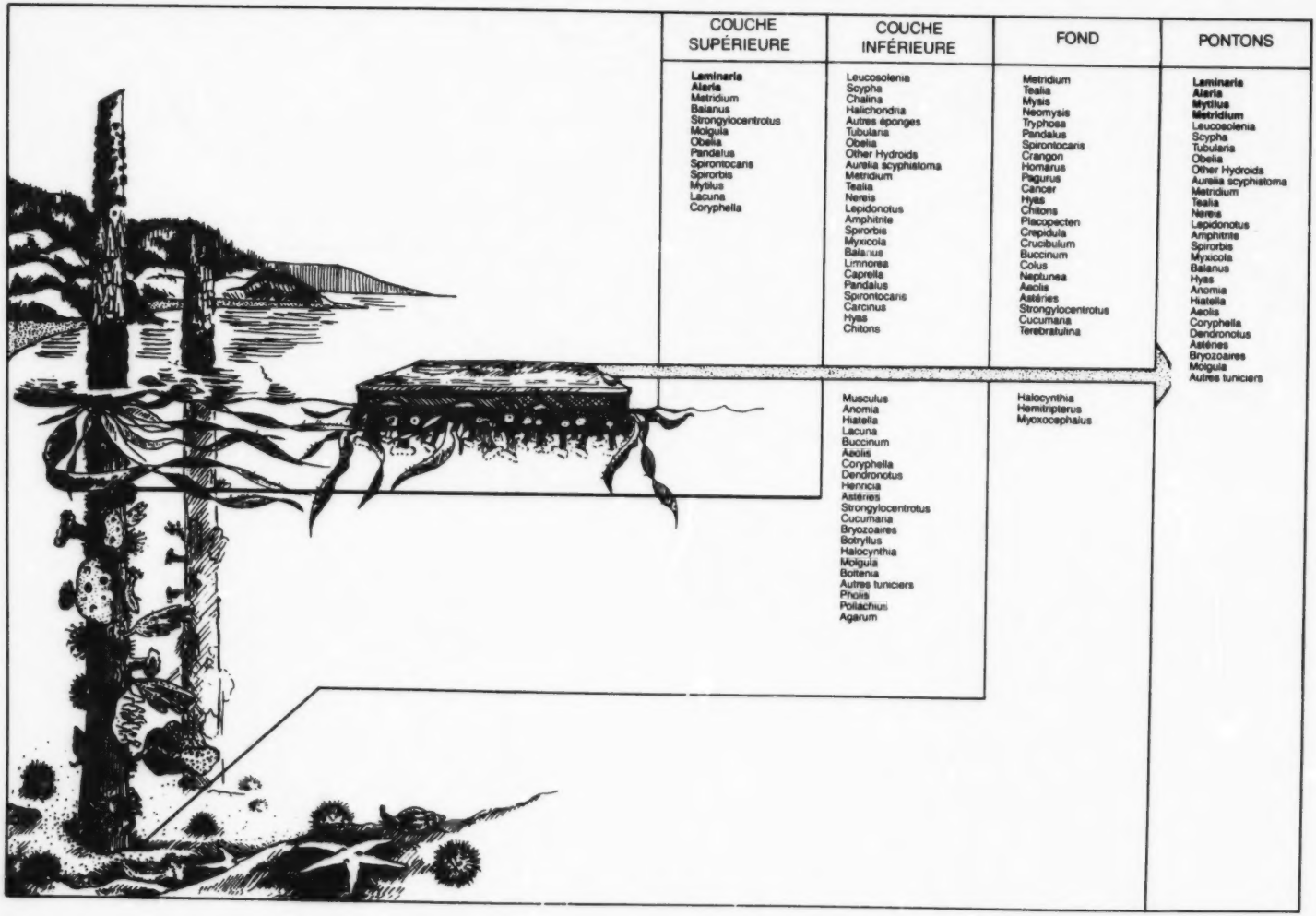


FIG. 6. Profil généralisé du biote sur des ouvrages en bois, baie de Fundy (d'après MacKay, 1975, 1978)

des carnivores (d'après les critères de classification de Walker et Bambach, 1974a). D'autres formes, telles que les éponges et les tuniciers, qui sont des organismes actifs se nourrissant de matière en suspension, s'orientent dans le courant de façon à améliorer leur propre courant d'eau (Vogel, 1974; Warner, 1977) et épousent une multitude de formes pour mieux capturer les particules.

Peuplement à Terebratulina Septentrionalis

Ce peuplement a fait l'objet d'un échantillonnage quantitatif réalisé par Noble *et al.* (1976), qui ont étudié quatre transects à quatre endroits, sur la côte est de l'île Deer (fig. 7, points 1–4 sur la figure 1). Chaque transect est perpendiculaire au rivage, et la profondeur varie entre 0 et 24 m. La figure 7 montre les profils de ces transects, ainsi que l'emplacement des stations d'échantillonnage où cinq blocs rocheux ont été prélevés tous les cinq mètres. Un total de 40 échantillons (200 blocs) du biote et des sédiments a été recueilli et fournit des données sur l'abondance relative, la dominance et la fréquence des principaux groupes (fig. 8). Il semble que les groupe les plus abondants (amphineures, coelentérés, brachiopodes, et bryozoaires) sont également les espèces dominantes. Les amphineures et les bryozoaires sont les plus communs, les brachiopodes et les coelentérés le sont un peu moins.

Le peuplement à *Terebratulina septentrionalis* est le peuplement des substrats durs le plus important en termes de biomasse totale, notamment en milieu cryptique peu profond, et il est dominé par les chitons (amphineures), les hydraires et les anémones (coelentérés), le brachiopode *Terebratulina septentrionalis*, et par une foule de bryozoaires ectoproctes encroûtants et arborescents. Il se développe généralement sous les blocs, à des profondeurs de 0 à 20 m, et apparaît progressivement pour s'installer sur les flancs peu éclairés des roches au-dessous de 20 m. Au-dessous de 50 m, dans l'étage circalittoral, comme nous l'avons déjà mentionné, le peuplement est complètement découvert. Cette émergence progressive est probablement due au comportement des larves, à la compétition moindre des algues et peut-être à une diminution de la prédation avec la profondeur (voir ci-dessous). Le sous-peuplement qui vit sur les flancs des rochers ressemble à celui qui se trouve sous les blocs rocheux moins profonds, sauf que les éponges et les brachiopodes y abondent un peu plus, les éponges étant souvent incrustées sur la coquille des brachiopodes (fig. 11). D'autre part, en raison de l'accroissement de la superficie disponible, certaines espèces du peuplement à algues corallines crustacées, comme les tuniciers, les anémones et les ophiures, se propagent souvent sur les surfaces verticales ou inclinées et ce, à partir des couches supérieures voisines. Les algues sont pratiquement absentes sauf sur les arêtes des blocs rocheux en eau peu profonde. Les chitons sont des formes errantes qui passent et repassent de la partie supérieure des blocs rocheux à leur partie inférieure à la recherche de nourriture, et sont donc représentés à la fois dans le peuplement à *Terebratulina septentrionalis* et dans les peuplements à algues corallines crustacées.

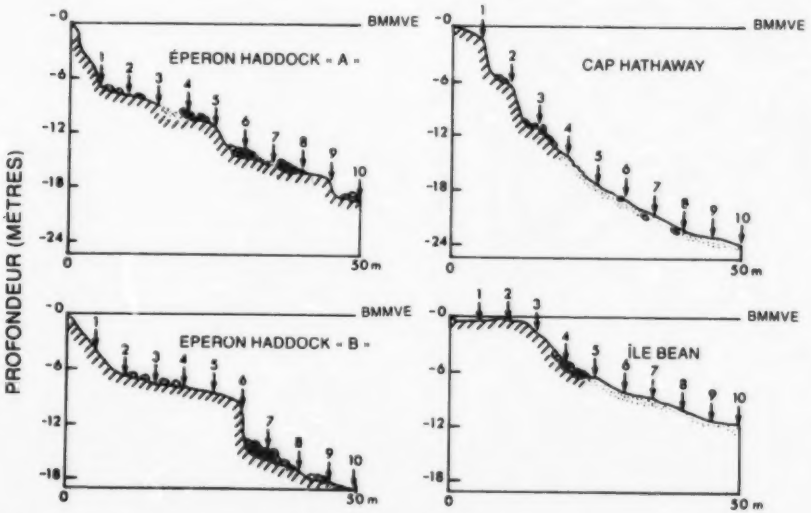


Fig. 7. Profils bathymétriques de quatre transects (sites 1–4, fig. 1), côte est de l'île Deer (N.-B.), montrant la répartition des affleurements, des blocs et des sédiments ainsi que l'emplacement des stations d'échantillonnage quantitatif (d'après Noble *et al.*, 1976). BMMVE : Basse mer moyenne de vive eau.

La répartition des différents modes de collecte de la nourriture des principales formes du peuplement à *Terebratulina septentrionalis* qui vivent sous les blocs rocheux est indiquée au tableau 2.

Autres assemblages biotiques

Le biote fixé aux ouvrages artificiels, comme les pieux des trappes, les pilots et les pontons, comprend un assemblage de formes qui n'ont pas encore été étudiées en détail. La répartition globale de ces espèces est indiquée au tableau 1 et à la figure 6. On constate l'absence, dans des eaux pourtant peu profondes et bien éclairées, des algues calcaires qui semblent éprouver quelques difficultés à se fixer sur un substrat de bois. Avec l'augmentation de la profondeur et la diminution de l'éclairement et de l'énergie de l'eau, diverses espèces types du peuplement à *Terebratulina septentrionalis* commencent à apparaître; toutefois, *Terebratulina septentrionalis* lui-même se fixe rarement sur des surfaces de bois qui ne conviennent apparemment pas aux pédoncules ramifiés de cette espèce. Ces ouvrages construits par l'homme favorisent grandement l'étude de l'évolution d'un peuplement lorsque la date exacte de leur construction est connue. Des études doivent d'ailleurs être entreprises sur le sujet dans un avenir rapproché.

Les substrats coquilliers sont rares dans la région, mais des coquilles abandonnées de certaines espèces comme *Modiolus modiolus*, *Mytilus edulis* et *Placopecten magellanicus* servent de substrat pour une variété de formes encroûtantes comme *Halichondria* sp., les hydraires, les patelles, les bivalves à byssus (*Anomia*), l'annélide *Spirorbis*, les balanes et les tuniciers sessiles (tableau 1). *Cliona celata* perce parfois des trous dans les substrats coquilliers, vivants ou non, et le brachiopode *Terebratulina septentrionalis* est souvent fixé à *Modiolus modiolus*; ils se fixe souvent également à la coquille des pétoncles géants *Placopecten magellanicus* vivants, à des profondeurs de 20 à 30 m, ce qui contribue à la dispersion géographique de l'espèce (Logan *et al.*, 1975). Dans les

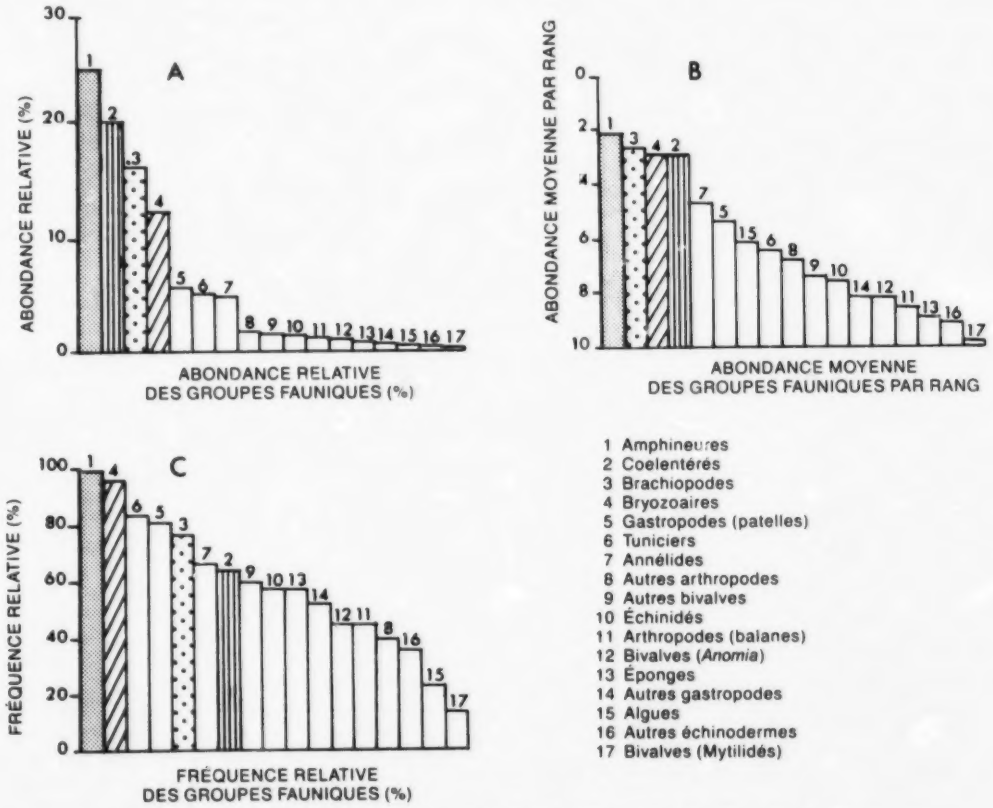


Fig. 8. Composition biotique du peuplement à *Terebratulina septentrionalis*, selon les 17 groupes fauniques les plus abondants, et comparaison de l'abondance relative (A), de l'abondance moyenne par rang (B) (Walker et Bambach, 1947b), et de la fréquence relative (C), d'après l'analyse quantitative des échantillons prélevés dans l'île Deer (Noble *et al.*, 1976).

TABLEAU 2. Répartition des modes de collecte de la nourriture des principales formes du sous-peuplement du peuplement à *Terebratulina septentrionalis*, qui vit sous les blocs rocheux, île Deer, Nouveau-Brunswick (d'après Noble *et al.*, 1976).

Groupe taxinomique	Mode de collecte de la nourriture	Abondance relative (%)
Amphineures	Brouteurs	24,6
Coelentérés	Prédateurs / ONMS*	20,5
Brachiopodes	ONMS*	16,5
Bryozoaires	ONMS*	12,4
Gastropodes (patelles)	Brouteurs	4,8
Tuniciers	ONMS*	4,2
Annélides	ONMS* / prédateurs (mineurs)	4,2
Autres groupes	Types variés	12,8

* Organismes se nourrissant de matière en suspension

eaux moins profondes, des algues calcaires ou des bancs isolés de *Laminaria* ou d'*Agarum* peuvent recouvrir la partie supérieure des plus grandes coquilles.

Facteurs qui peuvent influer sur la distribution, la diversité des espèces et la composition des peuplements des substrats durs

Les facteurs abiotiques comprennent la nature du substrat (taille, composition, micro-relief et taux de perturbation), l'éclairement, l'énergie, la salinité, la température de l'eau et la sédimentation. Les facteurs biotiques peuvent inclure le comportement des larves, la transformation du substrat par des pellicules organiques, la prédation, la disponibilité de substances nutritives, la compétition entre espèces pour l'occupation de l'espace et les taux de croissance des différentes espèces. L'établissement et le développement des peuplements de l'épifaune marine sur des substrats durs dans d'autres régions ont fait l'objet de longues études au cours desquelles des substrats artificiels ont été utilisés pour simuler le substrat rocheux et surveiller tous les paramètres possibles (Osman, 1977; Sutherland et Karlson, 1977; Jackson, 1977 a, b). Ces études à long terme n'ont pas été faites de façon systématique dans la baie de Fundy. Noble *et al.* (1976) ont étudié les divers facteurs qui peuvent influer sur la distribution et la composition des peuplements des substrats durs et conclu que, pour un substrat donné, les variations du relief d'un système de blocs rocheux et de cavités entraîneront des variations d'éclairement et d'énergie de l'eau qui suffiront à différencier les peuplements et les sous-peuplements.

Il existe des preuves que les larves de certaines espèces de peuplements des substrats durs préfèrent certains types de substrat (voir Osman, 1977). Noble *et al.* (1976) ont mené des expériences sur la sélectivité des larves en ancrant certains ouvrages faits de matériaux divers près des peuplements vivants, dans la région de l'île Deer. Ces structures ont été examinées périodiquement afin de repérer des populations de naissain. Des coquilles de pétoncles, des surfaces rocheuses rugueuses et des moulages en plastique autodurcissant de surfaces rocheuses irrégulières (Risk, 1973) ont été utilisés, mais ils ont été peu colonisés. La colonisation peut dépendre du temps requis pour que les surfaces soient recouvertes d'une pellicule bactérienne ou algale.

La lumière est sans doute le principal facteur responsable des différences qui existent entre les deux peuplements des substrats durs de la baie de Fundy. Les algues photophiles prédominent à la surface des roches tandis qu'elles sont absentes sur leur face inférieure ou sur les flancs peu éclairés des affleurements rocheux en eau peu profonde. Quelques animaux au moins du milieu cryptique connaissent une phototaxie négative à la fin de leur stade larvaire. Les larves de certaines espèces de brachiopodes et de bryozoaires (Thorson, 1964) ainsi que *Spirorbis* (Knight-Jones, 1951) ont une phototaxie négative juste avant de s'établir en colonie et cherchent des endroits peu éclairés même si ceux-ci sont rares. La disparition progressive des algues et l'apparition d'espèces des habitats cryptiques qui colonisent les surfaces plus exposées à la lumière à mesure que la profondeur augmente ont déjà été mentionnées pour la côte est de l'Amérique du Nord, et des études ont été faites sur les brachiopodes cryptiques des peuplements des substrats durs dans les Caraïbes (Logan, 1977) et la Méditerranée (Logan, 1979).

Le mouvement relativement fort de l'eau et le brassage associé aux marées diurnes produisent une relative uniformité de la température et de la salinité de l'eau près du fond, selon les saisons, dans les eaux côtières peu profondes, à proximité des îles de la partie sud-ouest du Nouveau-Brunswick. Dans ces conditions, les thermoclines et les haloclines sont rares; de plus, la forte énergie engendrée par l'eau occasionne peu de sédimentation dans la couche d'eau supérieure de 30 m, sauf du côté abrité des affleurements ou au-dessous des gros blocs rocheux. Le biote du peuplement à algues corallines crustacées des surfaces supérieures est donc adapté à un mode agité et est principalement constitué d'organismes qui se nourrissent de matière en suspension et dont beaucoup filtrent passivement des particules de nourriture sans dépenser beaucoup d'énergie, comme il a été décrit précédemment. Il faut noter que certaines formes du peuplement à *Terebratulina septentrionalis* qui vivent sur les surfaces peu éclairées des roches, à des profondeurs de 20 à 30 m, comme les brachiopodes, peuvent s'orienter face aux courants de façon à améliorer leur mécanisme de filtration active (LaBarbera, 1977).

La présence de poches de sédiments riches en fines particules sous les blocs rocheux est une preuve de la faible énergie engendrée par l'eau que connaît ce milieu cryptique; ici, le sous-peuplement est dominé par les organismes se nourrissant de matière en suspension qui doivent pomper l'eau activement afin d'aspirer les particules de nourriture. Les variations de l'énergie de l'eau sont donc un facteur important dans la composition des peuplements des substrats durs.

On connaît peu de choses sur les facteurs biotiques qui déterminent la composition des peuplements des

substrats infralittoraux durs de la baie de Fundy, mais, d'après des études du substrat dur de la zone intertidale faites dans d'autres régions, il apparaît nettement que les interactions biologiques jouent un rôle important dans la composition du peuplement (Connell, 1972; Dayton, 1971; Menge et Sutherland, 1976; Paine, 1966, 1969). Nous avons fait brièvement allusion au comportement des larves dans certains cas et à la préparation possible du substrat par des pellicules organiques. La prédation peut aussi constituer un facteur important car des formes du peuplement à algues corallines crustacées peuvent faire l'objet d'une plus grande prédation que celles du peuplement à *Terebratulina septentrionalis* qui fréquente le milieu cryptique, plus protégé. Paine (1966), Sutherland (1974) et d'autres chercheurs ont montré le rôle de la prédation dans l'augmentation de la diversité des espèces d'une part, et dans la modification de la composition spécifique d'autre part. Des études à long terme devraient être entreprises dans la baie de Fundy afin d'étudier les effets de la prédation sur les formes des peuplements des substrats durs, avec notamment des observations périodiques sur des blocs rocheux renversés. Il est aussi nécessaire d'évaluer les effets des perturbations périodiques du substrat sur la composition et la diversité des espèces (Riedl, 1964; Rützler, 1965; Osman, 1977), la superficie du substrat disponible pour l'établissement d'un peuplement et ses répercussions sur la structure du peuplement (Jackson, 1977a, b), la possibilité, grâce à des expériences menées sur des substrats artificiels, que la succession (dans le sens classique du terme) (Odum, 1971) ne se produise pas chez les peuplements marins benthiques (Sutherland et Karlson, 1977; Anger, 1978), et enfin, le mode d'alimentation, le taux de croissance et les interactions biotiques de la plupart des formes des deux peuplements. Nombreuses sont les questions qui sont restées sans réponse, et le présent ouvrage, qui résume nos connaissances actuelles, devrait permettre d'identifier les domaines où l'information est déficiente, voire absente.

Sédiments associés aux peuplements des substrats durs

Les sédiments associés aux peuplements des substrats durs dans la partie orientale de la région de l'île Deer ont été étudiés par Noble *et al.* (1976). Ces derniers ont comparé la composition des peuplements vivants à celle des thanatocénoses observées dans les poches de sédiments voisines afin d'évaluer l'importance relative des principaux processus qui font des peuplements vivants des peuplements fossiles. Ces études ont permis de découvrir que l'élément biotique des sédiments représente les composantes individuelles des *deux* peuplements (fig. 9) plutôt que le peuplement à *Terebratulina septentrionalis* (qui est dominant en termes de biomasse) pour ce qui est de la préservation, de la fragmentation de la variation du taux de croissance et de renouvellement des formes individuelles des peuplements, et du transport des fragments de coquilles entre et sous les blocs rocheux. L'examen microscopique de ces fragments a montré que les coquilles s'érodent, se fragmentent et se désarticulent généralement lentement (voir toutefois Noble et Logan, 1981), ce qui laisse supposer que les thanatocénoses s'accumulent plus ou moins sur place. Ces observations permettent de constater que *tous* les peuplements rapprochés les uns des autres peuvent se retrouver dans l'assemblage fossile, ce qui rend plus difficile la reconstitution des peuplements à partir des restes fossiles dans le cas des substrats durs que dans celui des substrats meubles.

Description détaillée d'un site choisi

Des profils bathymétriques types de quatre endroits situés au large de la côte est de l'île Deer sont représentés à la figure 7. Un site sur la côte ouest de l'île Nub est également décrit de façon plus ou moins détaillée (site 5 de la figure 1). La figure 10 montre le profil généralisé de cet endroit, entre 0 et 30 m de profondeur, et des photographies du fond et du biote constituent la figure 2.

Le profil montre un affleurement rocheux au flanc abrupt au début (fig. 2a), puis des blocs rocheux (fig. 2b) jusqu'à une profondeur approximative de 10 m, où on observe une étroite plate-forme (fig. 2c) puis une paroi verticale descendant jusqu'à 18 m (fig. 2d). Il y a ensuite une étroite plate-forme à faible pendage de 10 m de large environ, recouverte de moellons, de sédiments et de quelques affleurements rocheux, jusqu'à une profondeur de 20 m. Une deuxième paroi verticale descend jusqu'à 27 m, niveau où des sédiments et des blocs rocheux prédominent sur un fond à faible pendage; ce type de fond se poursuit au-delà de 30 m, limite d'observation du profil.

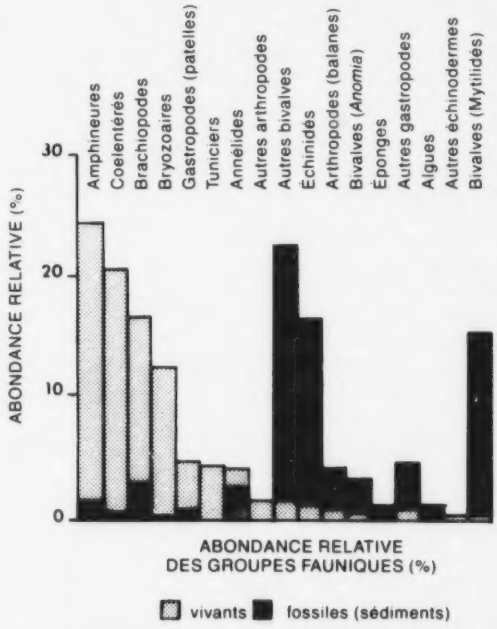


FIG. 9. Composition du sous-peuplement du peuplement à *Terebratulina septentrionalis* qui vit sous les blocs rocheux et de la thanatocénose accumulée dans les sédiments voisins. D'après l'analyse quantitative de quatre transects, côte est de l'île Deer, Nouveau-Brunswick (Noble *et al.*, 1976).

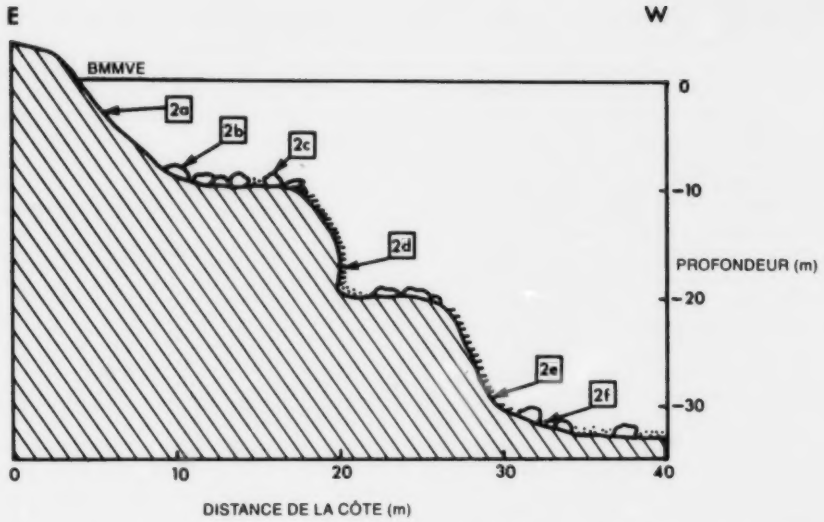


FIG. 10. Profil généralisé de la côte ouest de l'île Nub, Nouveau-Brunswick (site 5 de la figure 1) montrant les différents types de substrat. Les numéros se rapportent aux photographies de la figure 2. BMMVE : basse mer moyenne de vive eau.

Les blocs sont principalement composés de roches volcaniques. On note généralement de forts courants parallèles à l'orientation des parois rocheuses. La côte est surtout exposée au vent du nord, avec une course maximale de 3 km environ. L'intensité de la lumière atteint 1 % à peu près de l'éclairement en surface à une profondeur approximative de 20 m. Le biote benthique est abondant. Dans la zone de 0 à 12 m, les roches sont recouvertes principalement d'algues corallines curstacées, de même que d'astéries, d'oursins et de quelques bancs d'algues charnues (fig. 2b, c). La face inférieure des blocs rocheux abrite le peuplement à *Terebratulina septentrionalis*. À partir de 12 m, *Halocynthia pyriformis* et *Boltenia ovifera* abondent également sur les faces supérieures, de même que les serpules. Le bivalve *Modiolus modiolus* est commun, avec une densité pouvant atteindre 25 individus/m^2, et certains peuplements isolés de *Boltenia ovifera* ont des densités allant jusqu'à 100 individus/m^2. La première paroi verticale est abondamment incrustée de bryozoaires, d'éponges, d'hydraires et de brachiopodes du sous-peuplement des surfaces rocheuses (fig. 2d, 11), et les grosses anémones telles *Metridium senile* et *Tealia felina* y sont également communes. La plate-forme située au pied de cette paroi est recouverte de tuniciers sessiles et d'éponges en forme de boules, mais les algues calcaires en sont pratiquement absentes. La paroi qui s'étend entre 20 et 27 m est dominée par de grosses éponges encroûtantes et des brachiopodes (densité jusqu'à 500 individus/m^2) (fig. 2e). Au-delà de 27 m, on note une diminution générale des gros organismes benthiques à mesure que la superficie du substrat dur diminue. L'ophiure *Gorgonocephalus arcticus* est habituellement fixée aux roches isolées ou aux pédoncules de *Botenia ovifera*, et le pétoncle *Placopecten magellanicus* fréquente les creux des sédiments, qui sont encore riches en coquilles (fig. 2f) à plus de 30 m.

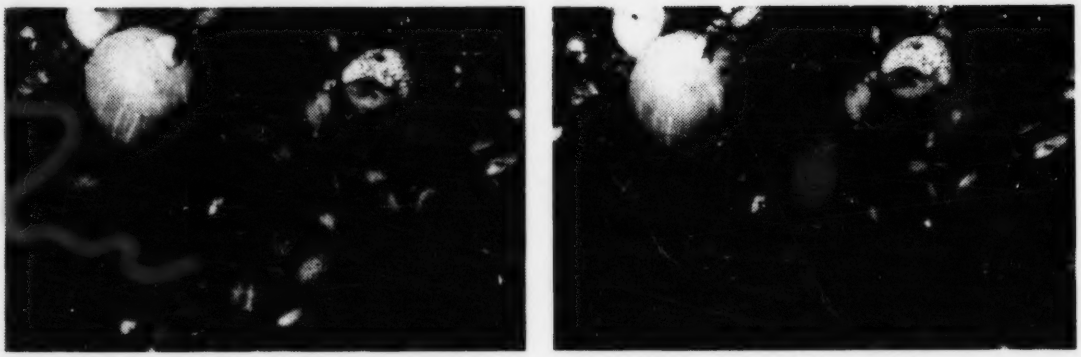


FIG. 11. Photographies stéréoscopiques du biote fixé à la saillie rocheuse, notamment des anémones et des brachiopodes incrustés dans les éponges, faites à l'aide d'un appareil Nikonos, 17 m de profondeur, île Nub, × 1/3.

Remerciements

Nous tenons à remercier M. L.H. King, de l'Institut océanographique de Bedford, pour les photographies des substrats durs en eau profonde des régions de la plate-forme Scotian, des Grands Bancs et du Bonnet Flamand. Nous remercions également les nombreuses personnes qui ont participé aux travaux sur le terrain, et en particulier l'équipage du navire de recherche *Mary O* de l'université du Nouveau-Brunswick. Nous exprimons notre reconnaissance à G.R. Webb et F.H. Page, dont les travaux de maîtrise portaient sur la vie benthique de la baie de Fundy. A. Logan et J.P.A. Noble ont reçu des subventions (A4331 et A4384 respectivement) du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie.

Références

ANGER, K. 1978. Development of a subtidal epifaunal community at the island of Helgoland. Helgol. Wiss. Meeresunters. 31 : 457–470.

BOHNSACK, J.A. 1979. Photographic quantitative sampling of hard-bottom benthic communities. Bull. Mar. Sci. 29 : 242–252.

CADDY, J.F. 1970. Records of associated fauna in scallop dredge hauls from the Bay of Fundy. Fish. Res. Board Can. Tech. Rep. 225 : 11 p.

CONNELL, J.H. 1972. Community interactions on marine rocky intertidal shores. Annu. Rev. Ecol. Syst. 3 : 169–192.

DAYTON, P. 1971. Competition, disturbance and community organization : the provision and subsequent utilization of space in a rocky intertidal community. Ecol. Monogr. 41 : 351–389.

DRACH, P. 1959. Perspectives in the study of benthic fauna of the continental shelf, p. 33–46. *Dans* A.A. Buzzati-Traverso [éd.]. Perspectives in marine biology. Berkeley, CA.

EMERY, K.O., A.S. MERRILL ET J.V.A. TRUMBULL. 1965. Geology and biology of the sea floor as deduced from simultaneous photographs and samples. Limnol. Oceanogr. 10 : 1–21.

FADER, G.B., L.H. KING ET B. MACLEAN. 1977. Surficial geology of the eastern Gulf of Maine and Bay of Fundy. Mar. Sci. Pap. 19 et Geol. Surv. Can. Pap. 76–17 : 23 p.

FORSTER, G.R. 1959. The ecology of *Echinus esculentus* L. Quantitative distribution and rate of feeding. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 38 : 361–367.

GEORGE, J.D. 1980. Photography as a marine biological research tool, p. 45–115. *Dans* J.H. Price, D.E.G. Irvine et W.F. Farnham [éd.]. The shore environment. Vol. 1. Methods. The Systematic Association, vol. sp. 17a. Academic Press Inc., New York, NY.

GULLIKSEN, B. 1974. Marine investigations at Jan Mayen in 1972. Det. Kgl. Norske Videnskabers Selskab Museet. Misc. 19 : 1–46.

1978. Rocky bottom fauna in a submarine gully at Loppkalven Finnmark, Northern Norway. Estuarine Coastal Mar. Sci. 7 : 361–372.

GULLIKSEN, B. ET K.M. DERÅS. 1975. A diver-operated suction sampler for fauna on rocky bottoms. Oikos 26 : 246–249.

HARMELIN, J.-G. 1976. Le sous-ordre des Tubuliporina (Bryozoaires Cyclostomes en Méditerranée. Écologie et systématique. Mém. Inst. Océanogr. (Monaco) 10 : 211 p.

HISCOCK, K. 1979. Systematic surveys and monitoring in nearshore sublittoral areas using diving, p. 55–74. *Dans* D. Nicols [éd.]. Monitoring the marine environment. Institute of Biology, Londres.

HISCOCK, K. ET R. HOARE. 1973. A portable suction sampler for rock epibiota. Helgol. Wiss. Meeresunters. 25 : 35–38.

HISCOCK, K. ET R. MITCHELL. 1980. The description and classification of sublittoral epibenthic ecosystems, p. 323–370. *Dans* J.H. Price, D.E.G. Irvine et W.F. Farnham [éd.]. The shore environment. Vol. 2. Ecosystems. The Systematics Association, vol. sp. 17b. Academic Press, Inc., New York, NY.

HOLME, N.A. 1971. Macrofauna sampling, p. 18–130. *Dans* N.A. Holme et A.D. McIntyre [éd.]. Methods for the study of marine benthos. I.B.P. Handbook 16. Blackwell Scientific Publications, Oxford et Edinburgh, R.-U.

JACKSON, J.B.C. 1977a. Habitat area, colonization and development of epibenthic community structure, p. 349–358. *Dans* B.F. Keegan, P.O. Ceidigh et P.J.S. Boaden [éd.]. Biology of benthic organisms. 11th. European Symp. Marine Biol., Galway, Eire, 1976. Pergamon Press, Oxford, R.-U.

1977b. Competition on marine hard substrata : the adaptive significance of solitary and colonial strategies. Am. Nat. 111 : 743–767.

JONES, N.S. 1950. Marine bottom communities. Biol. Rev. 25 : 283–313.

KNIGHT-JONES, E.W. 1951. Gregariousness and some other aspects of the settling behaviour of *Spirorbis*. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 30 : 201–222.

LABARBERA, M. 1977. Brachiopod orientation to water movement. 1. Theory, laboratory behaviour and field orientations. Paleobiology 3 : 270–287.

LABOREL, J., J.-M. PÉRÈS, J. PICARD ET J. VACELET. 1961. Étude directe des fonds des parages de Marseille de 30 à 300 m avec la soucoupe plongeante COUSTEAU. Bull. Inst. Océanogr. (Monaco) 58 : 1–16.

LARSSON, B.A.S. 1968. Scuba-studies on vertical distribution of Swedish rocky-bottom echinoderms. A methodological study. Ophelia 5 : 137–156.

LOGAN, A. 1977. Reef-dwelling articulate brachiopods from Grand Cayman, B.W.I. Proc. 3rd. Intl. Coral Reef Symp., Miami, FL 1 : 87–93.

1979. The Recent Brachiopoda of the Mediterranean Sea. Bull. Inst. Océanogr. (Monaco) 72 (1434) : 112 p.

LOGAN, A. ET J.P.A. NOBLE. 1971. A Recent shallow-water brachiopod community from the Bay of Fundy. Marit. Sediments 7 : 85–91.

LOGAN, A., J.P.A. NOBLE ET G.R. WEBB. 1975. An unusual attachment of a Recent brachiopod, Bay of Fundy, Canada. J. Paleontol. 49 : 557–558.

LOYA, Y. 1978. Plotless and transect methods, p. 197–217. *Dans* D.R. Stoddart et R.E. Johannes [éd.]. Coral reefs : research methods. Monogr. Oceanogr. Methodol. 5. UNESCO, Paris.

LUNDÄLV, T. 1971. Quantitative studies on rocky-bottom biocoenoses by underwater photogrammetry. A methodological study. Thalassia Jugosl. 7 : 201–208.

MACKAY, A.A. 1975. Lorneville benthos, 1974. A survey of the marine resources of the Lorneville area, N.B. Canada, with particular emphasis on the benthic flora and fauna and water quality. Mar. Res. Assoc. Rep. to N.B. Dep. Fish. Environ. 121 p.

1976. The sea urchin roe industry on New Brunswick's Bay of Fundy Coast. Mar. Res. Assoc. Rep. to N.B. Dep. Fish. Environ. 92 p.

1977. *Myxicola infundibulum*. Vol. 1. Ecology in the Bay of Fundy. Mar. Res. Assoc. Rep. to N.B. Dep. Fish. Environ. 22 p.

1978. Bay of Fundy resource inventory. Vol. 1, St. Croix River–Passamaquoddy Bay; vol. 3, Deer Island–Campobello Island. Mar. Res. Assoc. Rep. to N.B. Dep. Fish. Environ. 218, 233 p.

MENGE, B.A. ET J.P. SUTHERLAND. 1976. Species diversity gradients : synthesis of the roles of predation, competition and temporal heterogeneity. Am. Nat. 110 : 351–369.

MILLS, E.I. 1969. The community concept in marine zoology, with comments on continua and instability in some marine communities : a review. J. Fish. Res. Board Can. 26 : 1415–1428.

NOBLE, J.P.A., A. LOGAN ET G.R. WEBB. 1976. The Recent *Terebratulina* community in the rocky subtidal zone of the Bay of Fundy, Canada. Lethaia 9(1) : 1–17.

NOBLE, J.P.A. ET A. LOGAN. 1981. Size-frequency distributions and taphonomy of brachiopods : A Recent model. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 36 : 87–105.

ODUM, E.P. 1971. Fundamentals of ecology. W.B. Saunders Co., Philadelphia, PA. 574 p.

OSMAN, R.W. 1977. The establishment and development of a marine epifaunal community. Ecol. Monogr. 47 : 37–63.

OWENS, E.H. 1977. Coastal environments, oil spills and clean-up programs in the Bay of Fundy. Econ. Tech. Review Rep. EPS-3-EC-77-9, Pêches et Environnement Canada, Ottawa (Ont.). 175 p.

OWENS, E.H. ET A.J. BOWEN. 1977. Coastal environments of the Maritime Provinces. Marit. Sediments. 13 : 1–13.

PAGE, F.H. 1981. Structure of sublittoral hard-bottom benthic communities in the Quoddy region, Bay of Fundy. Travail de maîtrise, Université du Nouveau-Brunswick, Saint-Jean (N.-B.). 173 p.

PAINE, R.T. 1966. Food web complexity and species diversity. Am. Nat. 100 : 65–75.

1969. The *Pisaster-Tegula* interaction : prey patches, predator food preference and intertidal community structure. Ecology 50 : 950–961.

PÉRÈS, J.M. 1967. The Mediterranean benthos. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev. 5 : 449–533.

PÉRÈS, J.M. ET J. PICARD. 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. Recl. Trav. Stn. Mar. Endoume Bull. 31, Fasc. 47 : 137 p.

POOLE, W., B.V. SANDFORD, H. WILLIAMS ET D.G. KELLEY. 1970. Geology of southeastern Canada, p. 228–304. *Dans* R.J.W. Douglas [éd.]. Geology and economic minerals of Canada. Geol. Surv. Can. Econ. Rep. 1.

RIEDL, R. 1964. Die Erscheinungen der Wasserbewegung und ihre Wirkung auf Sedentarier im mediterranen Felslitoral. Helgol. Wiss. Meeresunters. 10 : 155–186.

RISK, M.J. 1973. Settling plates of cold-cure acrylic plastic replicated from natural surfaces. Limnol. Oceanogr. 18 : 801–802.

ROBERTS, C.D. 1976. Investigations into a *Modiolus modiolus* (L) (Mollusca : Bivalvia) community in Strangford Lough, Northern Ireland. Underwater Assoc. Rep. 1 : 27–49.

RØRSLETT, B., N.W. GREEN ET K. KVALVÅGNAES. 1978. Stereophotography as a tool in aquatic biology. Aquat. Bot. 4 : 73–81.

RÜTZLER, K. 1965. Substratstabilität im marinen Benthos als ökologischer Faktor dargestellt am Beispiel adriatisher Porifer. Int. Rev. Ges. Hydrogiol. 50 : 818–827.

STEPHENSON, W.W. 1973. The validity of the community concept in marine biology. Proc. R. Soc. Queensl. 84 : 73–86.

SUTHERLAND, J.P. 1974. Multiple stable points in natural communities. Am. Nat. 108 : 859–973.

SUTHERLAND, J.P. ET R.H. KARLSON. 1977. Development and stability of the fouling community at Beaufort, N.C. Ecol. Monogr. 47 : 425–446.

THORSON, G. 1957. Bottom communities, p. 461–534. *Dans* J.W. Hedgpeth [éd.]. Treatise on marine ecology and paleoecology. 1. Ecology. Geol. Soc. Am. Mem. 67.

1964. Light as an ecological factor in the dispersal and settlement of larvae of marine bottom invertebrates. Ophelia : 167–208.

TORLEGÅRD, A.K.I. ET T. LUNDÄLV. 1974. Underwater analytical system. Photogramm. Eng. 40 : 287–293.

TRUE, M.A. 1974. Étude quantitative de quatre peuplements sciaphiles sur substrat rocheux dans la région marseillaise. Bull. Inst. Océanogr. (Monaco) 69 : 48 p.

TURPAEVA, E.P. 1957. Food interrelationships of dominant species in marine benthic biocoenoses, p. 137–148. *Dans* B.N. Nikitin [éd.]. Trans. Inst. Okeanol. Mar. Biol. Acad. Sci. USSR Press 20. (Transl. in USA by Am. Inst. Biol. Sci., Washington, DC)

VACELET, J. 1967. A direct study of the populations of underwater cliffs and caves. Underwater Assoc. Rep. 1966–67 : 73–76.

VAISSIÈRE, R. ET C. CARPINE. 1964. Compte rendu de plongées en soucoupe plongeante SP 300 (région A1). Bull. Inst. Océanogr. (Monaco) 63 : 1–12.

VOGEL, S. 1974. Current-induced flow through the sponge *Halichondria*. Biol. Bull. 147 : 443–456.

WALKER, K.R. ET R.K. BAMBACH. 1974a. Feeding by benthic invertebrates : classification and terminology for paleoecological analysis. Lethaia 7 : 67–68.

1974b. Analysis of communities, p. 2.1–2.20. *Dans* A.M. Ziegler, K.R. Walker, E.J. Anderson, E.G. Kauffman, R.N. Ginsburg et N.P. James. Principles of benthic community analysis. Sedimenta IV. Comp. Sed. Lab., Univ. Miami, Miami, FL.

WARNER, G.F. 1977. On the shapes of passive suspension feeders, p. 567–575. *Dans* B.F. Keegan, P.O. Ceidigh et P.J.S. Boaden [éd.]. Biology of benthic organisms. 11th European Symp. on Marine Biology, Galway, Eire, 1976. Pergamon Press, Oxford, R.-U.

WEBB, G.R. 1976. Benthic ecology and taphonomy of a Bay of Fundy rocky subtidal community, with particular reference to the articulate brachiopod *Terrebratulina septentrionalis* (Couthouy). Travail de maîtrise, Université du Nouveau-Brunswick, p. 273.

WELSTED, J.E. 1974. Morphological maps of the Fundy coast. Marit. Sediments 10 : 46–51.

CHAPITRE 9

Substrats infralittoraux sédimentaires

D.J. WILDISH

Ministère des Pêches et des Océans
Station de biologie
St. Andrews (N.-B.)

Introduction

L'étude de la faune et de la flore vivant à proximité de l'interface substrat sédimentaire/eau de mer, au-dessous du niveau des plus basses marées, est antérieure à la première expédition Challenger entreprise en 1872. Les premières études furent à caractère purement scientifique, d'autant que les problèmes d'échantillonnage en augmentaient la difficulté dans l'esprit des pionniers, mais un regain d'intérêt pour la biologie benthique s'observe depuis 25 ans. Ce regain est dû en partie au fait que l'étude du benthos, et notamment de sa distribution, permet d'évaluer les effets des activités humaines comme la pollution, l'endofaune benthique adulte ne pouvant s'éloigner de l'endroit où elle vit. Dès le début, il est apparu que la production de poissons de fond était étroitement associée à la production benthique (Petersen et Jensen, 1918). Les géologues qui étudient les substrats sédimentaires récents ont également manifesté beaucoup d'intérêt pour les fonds marins car, pour bien comprendre la stratigraphie, ils doivent étudier les interactions entre la faune et les sédiments (voir Johnson, 1978).

Malgré cet intérêt envers la biologie du benthos infralittoral, les techniques d'échantillonnage ont peu évolué depuis l'expédition Challenger, même si l'utilisation de la première benne (Petersen et Jensen, 1911) marque, selon certains, le début des études scientifiques dans ce domaine. Depuis 1911, maintes nouvelles techniques ont été mises à l'essai, mais toutes ont révélé des limites qui ont empêché les biologistes du benthos de les utiliser de façon généralisée. Pour cette raison et aussi parce que le sujet est nouveau et que peu de scientifiques y travaillent à la fois, une base conceptuelle satisfaisante reste à élaborer (Wildish, 1977). Cette situation devrait inciter les étudiants en biologie marine à s'intéresser davantage à ce domaine où la tâche reste énorme.

Le présent chapitre est consacré à la faune infralittorale des estuaires et de l'avant-côte de la baie de Fundy qui reste fixée à l'interface sédiment-eau, soit l'*épifaune*, ou qui vit enfouie dans les sédiments, soit l'*endofaune*. Les animaux benthiques peuvent être classés selon leur taille, des tamis étant généralement utilisés pour les séparer des sédiments dans lesquels ils vivent. La classification suivante a été utilisée dans la présente étude (d'après Wolff, 1977) :

Classe	*Taille*
Micro-organismes	< 60 µm
Méiofaune	60–1000 µm
Macrofaune	> 0,8 mm
Mégafaune	Espèces qui ne peuvent être récoltées à l'aide d'une benne ou d'un carottier

Au moment de la rédaction de notre étude, il n'existait aucune donnée sur la microflore et la méiofaune de la baie de Fundy. Des méthodes d'analyse de microbenthos sont données par Rodina (1972), Rosswall (1973) et Stevenson et Colwell (1973) et des techniques d'échantillonnage du microbenthos et du méiobenthos par McIntyre (1971).

Le présent article comporte trois volets. Premièrement, l'auteur décrit les méthodes d'échantillonnage de la macrofaune et de la mégafaune, d'après des études sur le terrain, afin de faciliter le travail de nouveaux chercheurs dans ce domaine. Deuxièmement, il décrit les stations des estuaires et de la côte à proximité de St. Andrews qui ont fait l'objet d'études de 1970 à 1977, et en particulier la macrofaune-endofaune. Enfin, il aborde la notion de benthos dans le contexte des substrats infralittoraux sédimentaires de la baie de Fundy.

Méthodes d'échantillonnage et d'analyse

BATEAUX D'ÉCHANTILLONNAGE

Le type de bateau utilisé dépend de la région considérée et des conditions météorologiques, et va du simple canot (pour les travaux dans les estuaires peu profonds et protégés, menés à l'aide d'une petite benne à main) au navire de recherche en mer (pour les travaux réalisés à l'aide d'une lourde benne, à des profondeurs supérieures à 10 m). Pour la plupart des échantillonnages quantitatifs, un treuil mécanique est nécessaire pour descendre et remonter la lourde benne; il faut donc disposer d'une vedette équipée à cet effet. Le tableau 1 décrit les types de bateaux utilisés dans le cadre de la présente étude. Les trois plus gros navires étaient équipés de sondeurs acoustiques pour déterminer la profondeur et le type de substrat. Le *J.L. Hart* est aussi équipé d'un navigateur Decca.

POSITIONNEMENT

Les méthodes utilisées pour positionner un navire afin de prélever des échantillons comparables à une même station au cours d'échantillonnages saisonniers successifs ou à plusieurs stations réparties dans une vaste région, ont été décrites par Holme (1971).

Alignement — On établit la position par alignement sur des repères bien visibles sur la côte, lesquels sont inscrits dans le carnet de terrain ou le journal de bord à des fins de consultation ultérieure, et portés éventuellement sur une carte marine afin de déterminer les coordonnées. Dans certains cas, par exemple dans la partie

TABLEAU 1. Navires utilisés pour l'échantillonnage benthique dans la baie de Fundy.

	Boston whaler	*Mallotus*	*Pandalus II*	*J.L. Hart*
Date de construction	—	1951	1952	1976
Longueur (m)	5,5	16,4	16,8	19,8
Largeur (m)	1,5	4,3	4,3	6,1
Moteur (HP)	65	150	150	425
Tonnage (tonnes)	?	27	27,3	86
Accessoires	0	Treuil installé sur le pont, treuil hydrographique	Treuil installé sur le pont, treuil hydrographique	Grue hydraulique, moteurs auxiliaires de 70 et 30 HP, treuil hydrographique
Équipage	0	2	2	4

supérieure de l'estuaire de la Musquash, il faut faire des extrapolations car il n'existe pas de cartes marines complètes. On peut aussi, pour compléter, faire des relèvements au compas ou mesurer deux angles horizontaux entre des paires de repères côtiers. Les erreurs inhérentes à cette méthode sont de l'ordre de 10 à 100 m.

Navigateur Decca[1] — Lorsqu'il n'y a pas de repères ou que ceux-ci sont éloignés, on peut utiliser le navigateur Decca pour déterminer la position d'un navire avec une précision allant de 30 à 200 m. Il est possible de calculer la latitude et la longitude réelles en se servant d'un carte marine où sont indiquées ces coordonnées. J'ai utilisé les coordonnées citées à près de 0,1′ (≈0,1 mille marin ou 185 m), ce qui se situe dans la marge d'erreur mentionnée précédemment. Lorsqu'on utilise le système Decca pour le positionnement du navire, il est bon de garder les coordonnées pour faciliter le prélèvement successif d'échantillons au même endroit.

Il est également possible de baliser un site donné à l'aide de bouées fixes, d'un réflecteur radar ou d'un transpondeur (voir la liste des fournisseurs, tableau 2). Le transpondeur a l'avantage de pouvoir être bien ancré au fond de la mer, ce qui le protège de tout vandalisme. Il faut toujours être prudent en disposant les bouées, car celles-ci peuvent constituer un danger pour les navires et les pêcheurs. Leur position doit être signalée par écrit ou par téléphone au Centre du trafic de la Garde côtière, Transports Canada, Royal Bank Building, C.P. 1013, Dartmouth (N.-É.), B2Y 3Z7 (tél. : Zenith 4900). Ce Centre s'occupe de transmettre les messages émis par les navires et les avis aux navigateurs.

ÉCHANTILLONNAGE QUALITATIF

En règle générale, on procède à un échantillonnage qualitatif pour les raisons suivantes : récolter des échantillons de la mégafaune, prélever des échantillons d'animaux particuliers dans le cadre d'études auto-écologiques, ou remplacer l'échantillonnage quantitatif sur des substrats rocheux ou sableux.

Dragues — Des dragues à pétoncles ont été utilisées (Caddy, 1970) pour prélever des échantillons de l'épifaune, de même que des traîneaux spécialement conçus (Hessler et Sanders, 1967). Les dragues à roches (voir Nalwalk *et al.*, 1962) doivent être robustes et munies d'un sac composé d'anneaux d'acier ou de fer et relié au câble par un émerillon comportant un maillon de sécurité. La drague ancreuse, mise au point par Sanders *et al.* (1965), permet d'échantillonner les fonds sableux ou les dépôts très compacts. Brunel (1979) a utilisé un certain type d'échantillonneur pour capturer des organismes comme les amphipodes qui nagent près des fonds marins.

Chaluts — Des chaluts comme l'Agassiz (Holme et McIntyre, 1971) ou des chaluts à perche sont utilisés pour capturer des animaux benthiques mobiles comme les crevettes et des espèces épifauniques très dispersées, telles que les gros organismes qui se nourrissent de matière en suspension, qui échappent à la plupart des bennes.

Casiers — Certaines espèces benthiques, notamment les espèces nécrophages carnivores ou omnivores, peuvent être attirées par un appât comme un poisson mort, et de petits casiers à mailles d'acier amarrés à des bouées peuvent être utilisés pour capturer des spécimens vivants en bon état. C'est ainsi que l'amphipode *Anonyx* sp. a été capturé dans la baie Passamaquoddy.

Prises de vues sous-marines — Les appareils photo et caméras, actionnés soit à partir d'un navire, soit à partir d'un traîneau ou d'un panneau dépresseur remorqué, soit par un plongeur, peuvent être utilisés là où les fonds marins sont suffisamment éclairés. Cette méthode n'est cependant pas idéale, car les quelques animaux visibles sur les images ne sont pas nécessairement dominants ni représentatifs de la région étudiée. Peu de tentatives ont été faites pour vérifier l'exactitude des images par un échantillonnage quantitatif de la même région. Quelques bennes comme la benne rectangulaire Reineck ou Campbell modifiée peuvent être équipées d'un appareil photo (tableau 2), ce qui permet de photographier le fond marin juste avant de prélever des échantillons.

Des détails techniques sur cette méthode sont donnés par Barnes (1959), sur les traîneaux remorqués par Foulkes et Caddy (1972) et sur les panneaux dépresseurs par Foulkes et Scarratt (1972).

ÉCHANTILLONNAGE QUANTITATIF

Plongée autonome et collecteurs à succion — En plus d'être un outil d'exploration qualitative, la plongée autonome a été adaptée aux techniques d'échantillonnage quantitatif, grâce à l'uilisation de quadrats sur les substrats durs et rocheux et de collecteurs à succion sur les

[1]En septembre 1981, le navigateur Decca sera remplacé par le système Loran C dans la baie de Fundy. Pour de plus amples renseignements, contacter M. Bob Adams, Direction des télécommunications et de l'électronique, Garde côtière canadienne, Transports Canada, Dartmouth (426-3797).

TABLEAU 2. Fournisseurs de cartes, d'appareils hydrographiques et d'appareils d'échantillonnage benthique.

Description	Adresse du fournisseur
Cartes marines	Bureau de distribution des cartes marines, Min. des Pêches et des Océans, 1675, chemin Russell, C.P. 8080, Ottawa (Ont.) K1G 3H6
Courantomètres	
Ott C-3100	Wild of Canada Ltd., 881 Lady Ellen Place, P.O. Box 3520, Station C, Ottawa, Ont.
Modèle Interocean 135	InterOcean Systems Inc., 3510 Kurty St., San Diego, CA
Étalonnage des courantomètres	Division de l'hydraulique, Centre canadien des eaux intérieures, C.P. 5050, Burlington (Ont.) L7R 4A6
Bouteilles à renversement Nansen	InterOcean systems Inc., 3510 Kurty St., San Diego, CA
Matériel divers	
Seaux en plastique munis de couvercles étanches	Can-Am Containers Ltd., P.O. Box 340 Springhill, N.S.
Corde de nylon	John Leckie Ltd., 7037 Mumford Rd., Halifax, N.S.
Vestes de flottaison	Summers Co. Ltd., 635 Main St., Moncton, N.B.
Bennes pour prélèvements quantitatifs	
Hunter	Valeport (Developments) Division of Valeport Services Ltd., Townstal Industrial Estate, Townstal Dartmouth, Devon, TQ6 9LX, U.K.
Smith-McIntyre	David Moir, 11/13 Broomhill Road, Aberdeen, AB1 6JA Scotl.
Van Veen	MSE Engineering Systems Ltd., 265 Canarctic Drive, Downsview, Ont. M3J 2N7
Campbell modifiée	Eastern Instrument Corp., 49 Oak St., Norwood, NJ 07648
Petersen	Laboratoire Océanographique, Skorkrogen 8, DK-2920 Charlottenlund, Denmark
Petite « Petersen »	Foerst Mechanical Specialities Co., 2407N St. Louis Ave., Chicago, IL 60647
Échantillonneur Reineck	Friedrick Leutert, 3141 Erbstorf-Lunenburg, W. Germany
Dragues à roches et dragues coniques	InterOcean Systems Inc., 3510 Kurty St., San Diego, CA ou Benthos Inc., North Falmouth, MA 02556
Carottiers	
Vibrocarottier, modèle Ewing modifié, carottiers à piston et à gravité	Eastern Instrument Corp., 49 Oak St., Norwood, NJ 07648, ou Benthos Inc., InterOcean Inc., ou MSE Engineering Ltd.
Transpondeurs acoustiques	Geodyne Division, 151 Boar Hill Road, Waltham, MA 02154
Usines locales	
Métal	Bradfords Machine Shop Ltd., R.R. 4, St. George, Char. Co., N.B. E0G 2Y0, ou Saint John Ironworks, Saint John, N.B.
Galvanisation à chaud	Atlantic Industries Galvanizing Div., Industrial Park, Amherst, N.S.
Tamis à étages en bois dur	H.W. Whittier and Son, Black Point, N.S.

substrats sédimentaires (voir Jones, 1971); Kaplan *et al.*, 1974; Tanner *et al.*, 1977). Toutefois, certains facteurs contribuent à réduire l'efficacité de cette méthode dans la baie de Fundy. Ainsi, sans installations de décompression, la profondeur maximale à laquelle peuvent descendre les plongeurs est de 40 à 80 m (pour une durée limitée) alors que la profondeur est supérieure à 200 m dans la baie de Fundy. La profondeur d'opération maximale des collecteurs à succion est d'environ 20 m, et la forte turbidité dans les estuaires et les zones pré-côtières réduit la visibilité et par conséquent l'efficacité de la plongée autonome.

Bennes — Plusieurs bennes d'échantillonnage quantitatif ont été décrites (voir Holme et McIntyre, 1971). Le choix dépend du rendement relatif de capture, des conditions de forage dans divers sédiments et de la fiabilité de l'appareil. Le but visé ici n'est pas de décrire chaque benne de façon détaillée. La plupart des bennes sont conçues pour des conditions particulières. Parmi les 4 bennes utilisées dans le cadre de la présente étude (tableau 3), la petite benne Petersen n'a pas donné satisfaction, car elle ne s'enfonce pas assez profondément dans les sédiments. Pendant des plongées autonomes, on a observé que des bennes comme le modèle Van Veen modifié ne s'enfonçait qu'à la moitié de sa capacité parce que la mâchoire glissait sur les sédiments plus profonds en raison d'un équilibre entre les forces de pénétration et la résistance du substrat (Lie et Pamatmat, 1965). Pendant les travaux effectués dans le cadre de la présente étude, les bennes Smith-McIntyre et Petersen se sont enfoncées à 8 et 4 cm respectivement. Il faut se rappeler que certaines espèces de la macrofaune, comme le décapode *Axius serratus* Stimpson 1852, se retrouvent à 3 m sous l'interface eau-sédiments (Pemberton *et al.*, 1976) et que des variations de pression suscitées à l'avant de la benne peuvent provoquer chez les animaux des réactions d'évitement et les faire descendre hors de portée de la benne. Pour pallier cette difficulté, on peut utiliser des carottiers rectangulaires (voir Hessler et Jumars, 1974, par exemple) qui prélèvent une carotte de taille satisfaisante (50 cm), mais ne conviennent qu'aux sédiments meubles et vaseux. De plus, leur utilisation est fastidieuse.

Le tableau 4 montre que les bennes dont la profondeur de prélèvement est plus grande capturent un plus grand nombre d'individus d'une espèce donnée au même endroit. Rosenberg (1974) indique qu'environ 64 % des organismes observés dans des sédiments meubles du fjord Saltkalle (Norvège) se trouvent dans la couche supérieure de 5 cm. Cela explique pourquoi les bennes dont la profondeur de fonctionnement est de 8 cm conviennent généralement aux sédiments meubles.

Les dimensions de la benne ouverte sont un autre facteur important qui influe sur l'efficacité de capture. Cela peut être illustré par une distribution antagoniste qui révèle des interactions majeures entre les dimensions de la benne et les distances minimales entre individus voisins (tableau 5). Dans une distribution antagoniste, chaque individu est équidistant de ses voisins. Les chiffres indiqués au tableau 5 s'appliquent lorsque les échantillons pris par la benne sont à 45° par rapport à l'orientation des rangées. Lorsque les échantillons se situent dans le même plan que les rangées, le nombre maximum possible est de 539 lorsque la distance entre les individus est de 5 cm, et de 176 pour une distance de 10 cm. Lorsque la distance minimale entre individus est supérieure à la moitié de la taille maximale de la benne ouverte, la densité exprimée en mètres carrés est sous-estimée ou surestimée, comme l'indique le tableau 5. C'est pourquoi, entre autres raisons, il est important de prélever des échantillons successifs au même endroit dans les relevés temporels. On peut échantillonner une surface de 0,6 m^2 à l'aide de bennes à plus grande ouverture, comme le modèle Campbell modifié (tableau 2). Les distributions antagonistes de la macroendofaune sont assez inhabituelles sur les substrats meubles bien que Holme (1950) ait décrit un mollusque bivalve ayant une telle distribution. Les distributions aléatoires (Levinton, 1972) ou contagieuses (en grappes) (Gage et Geekie, 1973) sont plus communes.

Enfin, la taille des tamis utilisés pour séparer les organismes benthiques des sédiments influe fortement sur les résultats, des comparaisons ne pouvant être établies que si les mailles des tamis sont identiques. Les résultats varient selon qu'on mesure la biomasse ou le nombre d'individus, comme l'a découvert Reish (1959) qui a tamisé des échantillons semblables prélevés sur des sédiments vaseux et relevé la biomasse et le nombre d'individus pour chaque tamis. Plus de 90 % de la biomasse était retenue par des tamis de plus de 1,4 mm, plus de 90 % des individus par des tamis de plus de 0,85 mm, et plus de 90 % des espèces par des tamis de plus de 0,27 mm.

Une étude comparée du rendement relatif de capture a été faite pour des échantillons prélevés simultanément à l'aide de petites bennes Petersen et Smith-McIntyre, à

TABLEAU 3. Caractéristiques des bennes utilisées dans la présente étude.

Type	Profondeur de forage maximale (cm)	Dimensions mâchoires ouvertes (cm)	Superficie échantillonnée (m^2)	Volume échantillonné (L)
Hunter	16	31 × 31	0,10	12,5–16,0
Smith-McIntyre	16	31 × 31	0,10	12,5–16,0
Van Veen (modifiée par D. Peer)	19,5	19,5 × 39	0,08	—
Petite Petersen[a]	8	27 × 30	0,08	5,4–6,0

[a]Ce modèle est fourni par *Forest Mechanical Specialities Co.* (tableau 2). C'est un modèle plus petit de l'échantillonneur Petersen de 0,1 m^2 (1913, p. 44).

TABLEAU 4. Nombre d'individus par dixième de mètre carré et écart type (ET) selon 10 prélèvements effectués à l'aide d'un filet à maille de 1 mm².

Espèces	Numéro de la station	Smith-McIntyre	Petite benne Petersen
Casco bigelowi	St. Croix 11	0,9 ± 1,2	0,2 ± 0,4
Cerastoderma pinnulatum	St. Croix 11	1,0 ± 1,2	0,2 ± 0,6
Yoldia sapotilla	St. Croix 5	1,9 ± 1,3	1,1 ± 0,7
	Letang 5	2,1 ± 1,3	1,1 ± 0,9
Cerebratulus sp.	Letang 6	1,3 ± 1,5	0,3 ± 0,7
Lumbrinereis fragilis	Letang 6	0,7 ± 0,8	0
Nucula proxima	Letang 6	0,9 ± 1,1	0,1 ± 0,3
Sternaspis scutata	St. Croix 11	3,4 ± 2,7	1,8 ± 1,6
	Letang 5	2,2 ± 4,6	0,1 ± 0,3

TABLEAU 5. Distribution antagoniste de la macroendofaune benthique et effets de la dimension de la benne sur la densité estimée, avec un prélèvement par mètre carré aux dimensions indiquées.

	Distance minimale entre les animaux	
	5 cm	10 cm
	Densité estimée par mètre carré	
Dimensions de la benne ouverte	Plus petite–plus grande	Plus petite–plus grande
5 × 5	0–800	0–400
10 × 10	200–500	0–400
20 × 20	300–450	100–125
30 × 30	352–451	110–143

partir du même navire, dans les estuaires des rivières St. Croix et Letang (Wildish, 1978). Les coûts des expéditions et des analyses en laboratoire ont été estimés et les rendements de capture comparés à ceux qui avaient déjà été publiés pour différents types de bennes et de carottiers.

Expéditions — À bord du *J.L. Hart*, la benne Hunter décrite par Hunter et Simpson (1976) est installée à l'arrière et actionnée par la grue hydraulique qui sert de mât de charge. Le câble du tambour hydraulique sert à descendre et à remonter la benne. Celle-ci doit être descendue lentement. Sous l'action des courants de marée ou d'une forte houle, le câble peut se balancer et la benne heurter le sédiment de côté, ce qui empêche tout prélèvement. Les hommes de pont posent la benne sur son support, ouvrent une des plaques supérieures pour prélever un sous-échantillon de sédiments ou pour mesurer le potentiel d'oxydo-réduction et récoltent certains animaux pour des fins spécifiques, p. ex. des amphipodes vivants pour dénombrer les groupes (chaque animal est tué dans une petite fiole). Les sédiments qui restent sont enlevés à l'eau de mer et versés dans un seau en plastique. Le contenu du seau est versé dans un tamis à étages en bois dur mis au point par Don Peer (voir tableau 2). Le plateau se compose de deux tiroirs coulissants à treillis de laiton de 2,5 et 0,8 mm de mailles. Une fois rincés à l'eau de mer, les plus gros animaux sont retirés du tamis de 2,5 mm et placés avec tous les autres matériaux du tamis inférieur dans un seau en plastique muni d'un couvercle étanche (voir la liste des fournisseurs, tableau 2). On ajoute de l'eau de mer et du formol afin d'obtenir une solution à 10 %. Le seau est ensuite fermé et mis de côté avant d'être expédié au laboratoire.

Identification de l'échantillon — Au laboratoire, on effectue un premier tri afin de séparer la macrofaune des autres particules (comme les tubes des annélides, les coquillages vides et les détritus) et d'identifier les principaux groupes taxinomiques (p. ex. les polychètes, les mollusques, les amphipodes et les échinodermes). L'échantillon est ensuite placé dans une solution d'éthanol à 30 % ou dans une solution de formol neutre à 5 %, selon le but de l'analyse, et expédié au Centre d'identification océanographique, Musée national des sciences naturelles, Ottawa (Ont.) ou au Centre d'identification, Station de biologie, St. Andrews (N.-B.) E0G 2X0 pour l'identification des espèces (S), la numération des individus (N) et le poids humide jusqu'à 0,01 g (B).

Gosner (1971) et Bousfield (1973) ont écrit des livres sur l'identification de la macroendofaune locale. On peut aussi consulter une clé d'identification des espèces littorales de la région (Brinkhurst *et al.*, 1975).

Observations accessoires — Il arrive assez souvent que les variables physiques ou chimiques relevées pendant l'échantillonnage des organismes benthiques soient choisies de façon arbitraire ou à cause d'un précédent. Ainsi, les auteurs lient souvent les caractéristiques de tri des sédiments avec la distribution du macrobenthos (voir Parsons *et al.*, 1977), par exemple les organismes qui se nourrissent de dépôts dans les sédiments limono-argileux; toutefois, ce n'est pas toujours le cas (Wildish, 1977). Le facteur important est probablement une autre variable comme l'énergie des marées dont dépendent la dimension et le tri des particules du sédiment ainsi que la distribution des animaux. Selon Wilson (1953, 1954), certaines larves de polychètes sont attirées par des sédiments spécifiques. Le facteur de préférence n'est pas lié à la granulométrie du sédiment, mais au complexe microbes/détritus.

Il est important de souligner qu'on ne peut recommander globalement de mesurer telle ou telle variable. Toutefois, il faut se rappeler que les variables choisies doivent permettre de vérifier certaines hypothèses sur la distribution ou la fonction des organismes benthiques.

Méthodes d'analyse

Les méthodes d'analyse utilisées dépendent de l'objectif du programme d'échantillonnage. Différents types d'analyse sont requis pour des fins spécifiques comme la

description des peuplements, l'évaluation des effets de la pollution dans le temps et dans l'espace ou l'étude d'une espèce particulière à des fins expérimentales.

Les données brutes correspondent à celles du tableau 6, soit des matrices espèces – nombre de prélèvements – nombre d'individus ou espèces – nombre de prélèvements – biomasse pour différents prélèvements successifs. Il est possible de faire une description sommaire en classant les organismes selon leur dominance en termes de biomasse ou de nombre d'individus et en choisissant comme espèce indicatrice la plus dominante. Dans le tableau 6, les espèces dominantes en nombre et en biomasse sont *Sternaspis scutata* et *Nepthys* sp.; la variété spécifique est faible ($\alpha = 2{,}9 \pm 16$ %) (voir Fisher *et al.* 1943 pour le calcul de et de son écart type). Une étude d'autres méthodes de mesure de la diversité apparaît dans Green (1979). Les communautés ainsi définies doivent être considérées comme une série de distributions des espèces en fonction des gradients (Mills, 1969).

Pour étudier la distribution géographique des peuplements, on peut utiliser le coefficient de Czekanowski (CC) :

$$CC = \frac{2c}{a + b}\ 100$$

où a est le nombre d'espèces à la station A, b le nombre d'espèces à la station B et c le nombre d'espèces communes aux deux stations. La transformation logarithmique de a, b et c permet d'obtenir une meilleure estimation de ce coefficient (Field et McFarlane, 1968). On peut utiliser d'autres méthodes pour évaluer l'affinité entre les stations, notamment l'analyse des groupes récurrents (Fager, 1957), l'analyse à plusieurs variables des données après transformation logarithmique (Cassie et Michael, 1968) et l'analyse des composantes principales (Hughes *et al.*, 1972). Les groupements hiérarchiques obtenus par ces analyses statistiques ne donnent cependant aucun renseignement sur les facteurs physiques ou biologiques qui influent sur la distribution des espèces, car les quelques paramètres habituellement mesurés sont choisis de façon arbitraire et généralement sans égard à la complexité écologique.

Étant donné les variations naturelles des peuplements benthiques, seuls des changements rapides ou évidents peuvent être attribués à la pollution ou aux activités humaines. Ces changements provoquent souvent la mort des organismes de départ et la recolonisation par des espèces fauniques peu sensibles à la pollution (Poole *et al.*, 1978). Ici se posent deux grands types de problèmes d'analyse : reconnaissance de différences spatiales dans la composition spécifique en un point du temps, et reconnaissance de variations temporelles dans la composition spécifique, la biomasse ou le nombre d'individus en un point de l'espace. L'analyse statistique de ces problèmes a été abordée par Elliot (1977), Downing (1979) et Green (1979). Les observations chronologiques présentent un problème : si les données pré-opérationnelles doivent servir de témoins pour les données post-opérationnelles, on suppose que la composition spécifique, la densité et la biomasse sont constantes pendant les observations post-opérationnelles. Or des données récentes (voir Buchanan *et al.*, 1974; Lie et Evans, 1974; Bagge et Ilus, 1974; Eagle, 1975; Livingston, 1976; Whitlach, 1977) et nos propres observations dans l'inlet Letang (Wildish *et al.*, 1977) et dans l'estuaire de la rivière Digdeguash (fig. 1) montrent que les variations saisonnières et annuelles peuvent être assez importantes pour infirmer l'hypothèse selon laquelle les données pré-opérationnelles serviraient de témoins pour les données post-opérationnelles.

La pollution causée par les usines de pâte à papier dans l'inlet Letang de 1971 à 1975 (Wildish *et al.*, 1977; Wildish *et al.*, 1979) a entraîné à partir de 1972 des changements importants à la station la plus rapprochée des terres (tableau 7). Ces changements brusques ne requièrent aucune analyse statistique poussée et sont mis en évidence par la simple description des peuplements (voir aussi Rosenberg, 1977) comme le nombre d'espèces par mètre carré, le nombre d'individus par mètre carré et la biomasse par mètre carré (tableau 7). Une forte hypoxie a été observée à la station 15 à partir de 1973.

TABLEAU 6. Matrice espèces – nombre d'échantillons – nombre d'individus, pour la station 8, estuaire de la rivière Musquash, benne Smith-McIntyre de 0,1 m², juin 1973.

Espèces	Nombre d'échantillons successifs										Total	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	*n*	Biomasse
Nassarius trivittatus (Say, 1822)									1		1	0,09
Lunatia heros (Say, 1822)		1									1	0,02
Nucula delphinodonta Mighels et Adams, 1842									1		1	0,05
Nepthys incisca Malmgren, 1865	6	6			4				3		19	0,47
Nepthys sp.			11	6		6	6	9		3	41	1,29
Nereis diversicolor O.F. Muller, 1771				1		1					2	1,78
Goniada maculata Oersted, 1843			1		1				1	1	4	0,31
Ninoe nigripes Verrill, 1873		1			3			1			5	0,39
Sternaspis scutata (Renier, 1807)	7	14	10	11	15	14	16	15	3	7	112	28,13
Idotea phosphorea Harger, 1873									1		1	0,02
Crangon septemspinosus Say, 1818										1	1	0,11
Leptocheirus pinguis (Stimpson, 1853)							2			1	3	0,10
Total accumulé / échantillon, *N*	13	35	57	75	98	119	143	168	178	191	191	32,76
Total accumulé des nouvelles espèces / échantillon, *S*	2	4	6	7	7	7	8	8	11	12		

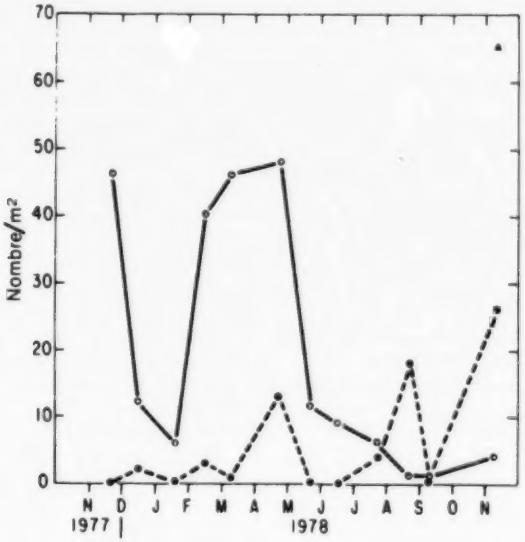


FIG. 1. Densité de *Casco bigelowi* (○), *Leptocheirus pingius* (●) et *Pontoporia femorata* (▲). Échantillons successifs mensuels (15–28) de 0,1 m² prélevés à la station 31, estuaire de la Digdeguash.

Description de sites particuliers

Dans la partie méridionale du Nouveau-Brunswick, on compte six grands estuaires y compris celui de la rivière Saint-Jean (fig. 1, chap. 1). Tous ont fait l'objet d'études basées sur l'échantillonnage quantitatif des organismes benthiques, à l'exception de l'estuaire de la Magaguadavic qui débouche dans la baie Passamaquoddy.

GÉNÉRALITÉS

Des échantillonnages répétés ont été effectués de façon satisfaisante durant l'été à l'aide de bennes Smith-McIntyre, Hunter ou Van Veen modifiées, chaque modèle ayant une surface de prélèvement de 0,1 m², à 42 endroits différents, ce qui a permis de prélever 652 échantillons (Wildish et Wilson, 1976). D'autres échantillons ont été recueillis en 1976 à une station située dans l'estuaire de la rivière Digdeguash, et en 1977 à 15 stations localisées dans le port de Saint-Jean, ce qui porte à 58 le nombre total de stations et à 812 le nombre d'échantillons. Les nouvelles espèces identifiées sont énumérées dans le tableau 8.

Les données représentatives des tableaux 9 et 10 ont été recueillies à 38 stations et proviennent de 376 échantillons qui ont été triés à l'aide d'un tamis à mailles de 0,8 mm, sauf dans l'inlet Letang, où on a employé un tamis de 3 mm.

L'inlet Letang est un bras de mer long de 14 km où l'alimentation en eau douce est faible, alors que, pendant la période préglaciaire, il drainait l'actuelle rivière Magaguadavic. Des études exhaustives y ont été faites (Wildish *et al.*, 1979) suite à la construction d'une usine de pâte à papier en 1971. Par contre, l'estuaire de la rivière St. Croix, d'une longueur de 23,4 km, est bien alimenté en eau douce. Dans sa partie supérieure étroite (d'une longueur de 11,6 km), en amont de la pointe Raven, c'est un estuaire partiellement stratifié dont la salinité diminue vers l'amont. Les sédiments observés aux sites 11, 12 et 14 (tableau 10) sont recouverts de débris de bois dont la taille varie des petits morceaux aux gros morceaux d'écorce. La partie inférieure de cet estuaire (sites 1, 5 et 10, tableau 9) ressemble à un fjord si ce n'est que sa profondeur maximale est de 35 m. L'estuaire de la rivière Digdeguash est un petit estuaire de 6 km de long, qui va du promontoire Oven jusqu'à la limite des marées à Salmon Falls, en amont de la route principale. C'est le seul estuaire étudié qui n'ait apparemment jamais été perturbé par l'homme et où un peuplement d'espèces se nourrissant exclusivement de dépôts ait été observé jusqu'à maintenant. L'estuaire Musquash, long de 16,3 km, reçoit les eaux de la rivière Musquash et d'un petit marais à *Zostera* / *Spartina*. Les eaux douces se déversent dans l'estuaire et leur débit est régularisé par les turbines d'une petite centrale électrique (Kristmanson, 1976). On prévoit fermer progressivement cette centrale pour utiliser les eaux de la rivière Musquash à des fins domestiques et industrielles pour la ville de Saint-Jean. Enfin, l'estuaire de la rivière Saint-Jean est un vaste système complexe, long de 120 km (voir Metcalfe *et al.*, 1976). La partie la plus rapprochée de la mer, le port de Saint-Jean, qui s'étend sur 13 km entre la bouée de la pointe Black et Reversing Falls, est la seule zone étudiée ici. Elle est fortement perturbée par l'homme : déversement d'effluents industriels et municipaux dans le port, dragage et décharge (Carter et MacGregor, 1978). Les travaux de dragage ont lieu dans la baie Courtenay (stations 41, 42 et 43, tableau 9) tandis que l'immersion de déchets s'effectue près de la bouée de la pointe Black (stations 16, 20 et 57, tableau 9). L'étude des sédiments au sonar révèle que l'avant-port est plat, ce qui indique l'existence de forts courants de marée dans cette région. Dans le chenal central, entre Reversing Falls et le port principal, des trous profonds (jusqu'à 20 m) sont partiellement remplis de morceaux de bois et d'écorce mesurant jusqu'à 2 m de long, comme dans l'estuaire de la rivière St. Croix. Dans les deux estuaires les piles de bois sont littéralement tapissées de *Gammarus oceanicus*. Étant donné la nature du substrat, il n'a pas été possible de procéder à l'échantillonnage quantitatif de la région. Aux deux endroits, les courants de marée presque toujours forts entraînent un « tri » des morceaux de bois, les plus gros morceaux étant associés aux plus forts courants. Les amphipodes utilisent probablement les piles comme refuges et la pellicule microbienne superficielle comme nourriture. En outre, les moules du genre *Mytilus edulis* se fixent directement à la surface des morceaux de bois.

Le tableau 10 indique le taux de salinité moyen, les caractéristiques de tri des sédiments, d'après le tamisage à sec et des analyses à la pipette (Akagi et Wildish, 1975), la teneur relative en carbone organique par la méthode de Walkley Black ainsi que certaines propriétés biologiques. Le tableau 11 donne une classification du coefficient de tri (QDϕ) et des valeurs de phi et permet d'interpréter les données sédimentologiques. Pour une même valeur

TABLEAU 7. Espèces dominantes de la biomasse à la station 15, secteur inférieur de la Letang, juillet–septembre, d'après neuf échantillons successifs prélevés à l'aide d'une benne Smith-McIntyre de 0,1 m² à maille de 3 mm². N = nombre d'individus/m², B = biomasse en g/m² (poids humide)

Espèces	1971		1972		1975	
	N	B	N	B	N	B
Modiolus modiolus	0	0	5	156,72	0	0
Amphitrite johnstoni	19	6,01	18	11,98	0	0
Nereis virens	9	5,20	7	2,77	0	0
Littorina littorea	1	5,99	0	0	0	0
Buccinum undatum	1	19,07	3	10,91	0	0
Gattyana cirrosa	4	0,60	0	0	0	0
Nepthys ciliata	22	2,23	8	0,42	0	0
Capitella capitata	0	0	0	0	861	?

TABLEAU 8. Liste des espèces rajoutées à Wildish et Wilson (1976) et observées dans l'estuaire de la Digdeguash, 1976 (un site) et dans le port de Saint-Jean, 1977 (15 sites)

Plathelminthes	*Notoplana atomata* (Müller, 1776)
Rhynchocelles	*Lineus socialis* (Leidy, 1855) *Micrura* sp.
Mollusques	*Chaetoderma nitidulum* (Lovén, 1844) *Polinices immaculatus* (Totten, 1835) *Thyasira gouldii* Philippi, 1845 *Tellina agilis* Stimpson, 1857
Polychètes	*Goniada norvegica* Oersted, 1845 *Scolelepis squamatus* (Müller, 1806) *Laonice cirrata* (Sars, 1851) *Scoloplos acutus* (Verrill, 1873) *Mediomastus ambiseta* (Hartman, 1947)
Crustacés	*Hippomedon propinquus* Sars 1890 *Haploops fundiensis* Wildish et Dickenson (1982) *Cancer irroratus* Say 1817 *Gammarus setosus* Dementieva 1931 *Bostrichobranchus pilularis* (Verrill, 1871)

moyenne de phi (Mdϕ), une valeur plus faible de QDϕ indique une augmentation du tri des sédiments causée par un effort de cisaillement plus grand des courants de marée. La valeur même de Mdϕ est un deuxième paramètre indépendant qui indique l'effort de cisaillement en un point donné. Cela est dû à la complexité des courants de marée, c'est-à-dire les variations de la vitesse en fonction du temps pendant le flot, le jusant et l'étale, et la mobilité résultante des sédiments (fig. 2). Ainsi, l'érosion du sable fin se produit à des vitesses de courant plus faibles (fig. 2) tandis que la sédimentation est plus ou moins linéairement reliée à la vitesse des courants et à la taille des particules. Ces relations s'appliquent aux particules sédimentaires inorganiques d'une densité de $\sim 2{,}6$ g·cm^{-3}; toutefois, les particules organiques de plus grande importance biologique, comme les polysaccharides, ont des densités plus faibles. Les particules organiques de plus faible densité peuvent être éliminées de façon sélective ou se déposer dans les sédiments; à ces endroits, il y a une relation linéaire entre QDϕ (x) et la teneur en carbone organique. Lorsque celle-ci est exprimée en pourcentage de matières solides volatiles (y), la relation est la suivante (Wildish *et al.*, 1980) :

$$y = 0{,}5650 + 1{,}4531x$$

Deux sources de confusion empêchent l'application universelle de cette relation à d'autres estuaires de la baie de Fundy : les variations de la teneur en carbone organique des estuaires et de la valeur de Mdϕ à différentes stations, lesquelles rendent impossible toute comparaison directe entre les valeurs de QDϕ. Les données recueillies dans les estuaires étudiés à la figure 3, soit Musquash, le port de St-Jean et Didgeguash (voir Wildish *et al.*, 1980 pour des données supplémentaires), indiquent qu'à certaines stations (qui apparaissent au-dessus de la ligne de régression de la figure 3), les courants de marée ne provoquent pas d'érosion particulière des particules organiques. Cela signifie qu'il y a sédimentation nette à ces endroits. Il est généralement reconnu que l'érosion nette ou le dépôt net des sédiments influent fortement sur le type de peuplement macrofaunique (Wildish et Kristmanson, 1979).

La biomasse constitue un facteur de dissemblance marquée entre les stations (tableau 10). Cela est dû à la présence simultanée de gros organismes qui se nourrissent de matière en suspension et de petits organismes qui se nourrissent de dépôts. Les organismes dominants qui se nourrissent de matière en suspension comme *Cyclocardia borealis* à la station 11 (estuaire de la rivière St. Croix) comptent pour 227 g/m² de la biomasse totale de 316,4 g/m². Parfois, les espèces dominantes de la biomasse sont de gros organismes qui se nourrissent de dépôts comme l'holothuride *Molpadia oolitica*, qui représente 73,5 g/m² de la biomasse totale de 105,6 g/m² à la station 6 (inlet Letang). *Molpadia* a été observée dans 3 des 10 échantillons successifs prélevés à la benne, et son échelle de distribution spatiale est donc supérieure à la dimension des bennes, ce qui indique qu'il s'agit d'une espèce mégafaunique. La faible biomasse relevée à la station 31 (estuaire Digdeguash) et à la station 5 (inlet Letang) est due à la petite taille des espèces. Ainsi, à la station 5, les espèces dominantes sont *Cyclocardia borealis* (3,5 g/m², ce sont tous des spécimens de petite taille), *Yoldia sapotilla* (2,5 g/m²) *Leptocheirus pinguis* (2,1 g/m²) et *Lumbrineris fragilis* (1,9 g/m²), les trois dernières espèces étant des organismes se nourrissant de dépôts.

TABLEAU 9. Sites où 10 échantillons successifs ou plus ont été prélevés simultanément. Les coordonnées sont correctes à 0,1′ près. BE = basses eaux. (Dans les stations 4 et 11 de l'inlet Letang, neuf échantillons successifs ont été prélevés en été à l'aide d'un tamis de 3 mm², à trois occasions différentes; dans le port de Saint-Jean, sept échantillons successifs ont été prélevés à la station 7 en une seule fois.)

Description	Station	Nord		Ouest		Profondeur aux BE (m)	Date d'échantillonnage
Inlet Letang	11	45°	06,0′	66°	47,7′	5	1970–1973
	4	45	04,8	66	48,0	13	1970–1973
	6	45	04,6	66	47,3	7	Juillet 1973
	5	45	04,6	66	47,6	13	Juillet 1973
Estuaire de la St. Croix	1	45	05,0	67	06,0	12	Sept. 1974
	5	45	07,0	67	07,0	28	Sept. 1974
	10	45	09,0	67	09,0	18	Août 1974
	11	45	09,5	67	09,2	15	Juillet 1973
	12	45	09,9	67	10,3	13	Août 1974
	14	45	10,1	67	12,9	5	Août 1974
	17	45	10,9	67	15,3	5	Août 1974
	20	45	11,5	67	16,6	3	Août 1974
Estuaire de la Digdeguash	31	45	09,9	66	57,6	2	Sept. 1976
Estuaire de la Musquash	1	45	11,0	66	19,3	2	Juin 1973
	2	45	11,2	66	17,8	2	Juin 1973
	3	45	11,2	66	17,0	2	Juin 1973
	4	45	11,5	66	16,9	2	Juin 1973
	5	45	11,5	66	16,0	3	Juin 1973
	6	45	11,2	66	15,3	6	Juin 1973
	7	45	11,8	66	14,7	1	Juin 1973
	8	45	09,9	66	14,6	2	Juin 1973
	9	45	09,4	66	14,8	2	Juin 1973
Port de Saint-Jean	7	45	15,0	66	03,5	5	Juin 1977
	13	45	12,9	66	07,5	13	Juin 1977
	16	45	12,6	66		14	Juin 1977
	20	45	12,5	66	07,1	16	Juin 1977
	41	45	15,6	66	02,6	5	Juin 1977
	42	45	15,9	66	02,6	5	Juin 1977
	43	45	16,3	66	02,5	5	Juin 1977
	49	45	12,6	66	03,3	18	Sept. 1977
	50	45	12,1	66	03,3	18	Sept. 1977
	51	45	11,7	66	03,3	25	Sept. 1977
	52	45	11,2	66	03,1	22	Sept. 1977
	53	45	13,2	66	01,6	12	Sept. 1977
	54	45	13,2	66	01,7	9	Sept. 1977
	55	45	12,7	66	01,7	18	Sept. 1977
	56	45	12,2	66	01,8	22	Sept. 1977
	57	46	12,6	66	00,9	9	Sept. 1977

CLASSIFICATION DES PEUPLEMENTS

La faune benthique infralittorale des zones côtières près de St. Andrews est une faune soit appauvrie, soit mixte, soit composée d'organismes se nourrissant de dépôts (Wildish et Kristmanson, 1979). Deux facteurs clés sont à l'origine de cette caractérisation : l'appauvrissement relatif causé par des perturbations physiques telles qu'une faible salinité, la forte énergie des marées et la pollution, et les pourcentages absolus de deux groupes trophiques majeurs, soit les organismes qui se nourrissent de matière en suspension et ceux qui se nourrissent de dépôts (pour de plus amples renseignements sur les groupes trophiques, voir pages suivantes).

En ce qui concerne le deuxième facteur, le principe d'une estimation du rapport trophique énoncé par Wildish et Kristmanson (1979) a été appliqué pour certains sites spécifiques (tableau 12). Idéalement, une telle estimation devrait être basée sur les pourcentages de production annuelle de chaque groupe trophique, mais malheureusement cette information n'est pas disponible pour la baie de Fundy. On peut également calculer le pourcentage d'espèces dans chaque groupe trophique. Ces méthodes comportent toutefois une difficulté : la faune benthique est parfois polyvalente dans son mode d'alimentation. La classification de base des peuplements benthiques, exprimée par le rapport trophique (TR), se lit comme suit :

$$TR\ \% = \frac{D}{D + S} \times 100$$

TABLEAU 10. Salinité au fond, caractéristiques des sédiments et propriétés biologiques des sites indiqués au tableau 14. Taille de la benne : 0,1 m²; tamis à maille de 1 mm.

Description des sites	Station	Salinité S ‰	MD ϕ	QD ϕ	Coeff. de dissymétrie	% en poids sec du carbone organique	S/m²	N/m²	α	B/m²
Inlet Letang	11	30,9	7,82	2,51	+1,65	2,4	17	135	5,0	154,9
	4	31,6	1,87	3,46	+2,24	0,9	35	296	10,0	99,4
	6	29,5	6,60	1,33	−0,08	1,7	68	1390	15,0	105,6
	5	29,6	6,40	1,09	+0,31	1,6	65	833	17,0	15,4
Estuaire de la St. Croix	1	28,0	5,80	3,16	−0,46	2,8	28	207	9,5	218,2
	5	28,5	6,75	3,02	−1,12	2,6	33	137	13,0	64,8
	10	28,5	7,40	2,01	−0,26	2,0	24	200	7,5	197,8
	11	28,5	6,80	3,12	+1,38	5,1	64	861	14,0	316,4
	12	28,5	7,60	1,28	−0,25	5,0	17	56	8,0	3,1
	14	28,5	6,80	2,52	−0,77	26,5	12	1 208 479	—	220,4
	17	22,5	2,23	3,08	+1,59	3,4	4	682	2,5	274,4
	20	22,0	2,00	2,97	+1,39	1,8	3	17	1,0	0,9
Estuaire de la Digdeguash	31	30,0	7,94	0,79	−0,13	3,1	22	449	5,0	18,5
Estuaire de la Musquash	1	1,0	6,08	1,44	+0,26	0,8	7	76	2,2	31,64
	2	9,0	6,85	2,65	+1,85	0,9	2	4	—	0,45
	3	12,0	1,27	2,65	+1,85	0,7	11	75	3,1	23,02
	4	15,0	1,66	0,16	−0,14	0,1	12	55	4,5	42,75
	5	20,0	6,80	1,35	+0,42	0,4	11	44	4,5	2,85
	6	24,3	0,30	2,38	−2,13	0,1	3	55	0,4	2,25
	7	25,0	5,92	0,09	+0,07	0,6	17	217	4,5	26,78
	8	27,5	6,22	0,72	+0,39	1,7	12	191	2,9	32,76
	9	28,0	5,63	0,93	+0,32	0,5	5	12	—	0,21
Port de Saint-Jean	7	24,8	5,39	0,63	+0,01	0,5	6	73	0,8	3,60
	13	24,5	4,56	1,18	+0,11	0,6	3	4	—	0,15
	16	30,8	7,01	1,14	+0,13	2,2	2	3	—	0,03
	20	28,0	6,23	1,58	+0,04	1,9	4	7	—	0,76
	41	26,0	6,18	1,39	+0,31	1,6	9	85	2,3	29,18
	42	24,3	5,59	1,22	+0,31	1,5	9	78	2,4	10,66
	43	24,9	7,40	1,08	−0,10	2,0	6	296	1,0	29,95
	49	30,0	6,29	1,34	+0,40	0,7	16	262	3,6	313,60
	50	30,7	5,84	1,76	+0,06	0,4	17	95	5,5	30,69
	51	30,0	5,18	2,01	+0,26	0,5	22	50	13,0	4,86
	52	30,7	3,05	1,57	+0,60	0,4	9	11	—	1,49
	53	30,7	5,88	1,56	−0,09	0,6	14	33	8,0	1,09
	54	30,0	6,29	1,57	+0,32	0,9	13	65	5,0	2,80
	55	30,7	4,84	1,72	+0,28	0,5	8	12	—	0,54
	56	30,9	6,13	1,89	−0,27	0,8	21	141	7,0	97,67
	57	28,2	6,80	1,34	+0,13	1,7	7	14	—	0,31

où D = nombre total d'organismes qui se nourrissent de dépôts et S = nombre total d'organismes qui se nourrissent de matière en suspension. Comme l'indique le tableau 12, les unités utilisées pour faire ce calcul influent fortement sur les résultats en raison des différences physiologiques de base entre de nombreux organismes qui se nourrissent de matière en suspension (biomasse élevée, âge > 1 an) et de nombreux organismes qui se nourrissent de dépôts (faible biomasse, âge < 1 an).

L'appauvrissement peut résulter de facteurs limitants spécifiques dont six au moins peuvent être identifiés (tableau 13). L'appauvrissement naturel est dû à une faible salinité à quatre stations : les stations 1 et 2 (estuaire de la Musquash) et les stations 14 et 20 (estuaire de la St. Croix) (tableau 10). Une diminution brusque du nombre d'espèces dans les eaux sténohalines des estuaires a souvent été signalée (voir Den Hartog, 1960), parfois accompagnée d'un accroissement du nombre ou de la biomasse d'espèces euryhalines. C'est notamment le cas de la station 17 (estuaire de la St. Croix) où s'épanouit une vaste population de moules récemment établie. La forte énergie des marées est le deuxième facteur limitant (Wildish et Kristmanson, 1979). On peut l'observer dans l'estuaire de la Musquash (stations 6 et 9) et dans le port de Saint-Jean (stations 7, 13, 16, 20, 41, 42, 43, 52, 55 et 57). Ici, on note une corrélation entre deux facteurs biotique et abiotique : faible diversité et faible teneur en carbone des sédiments (tableau 10), ce qui confirme le fait que les forts courants de marée éliminent les particules organiques de préférence aux particules inorganiques plus lourdes. L'appau-

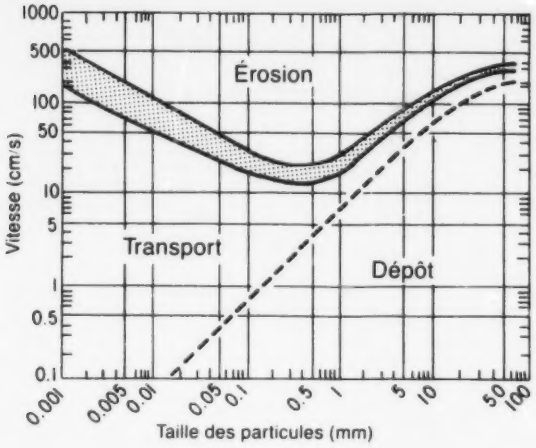


FIG. 2 Relations approximatives entre la vitesse des courants (cm/s) et leur capacité à éroder, transporter et déposer des particules sédimentaires de tailles variées (d'après Perkins, 1974).

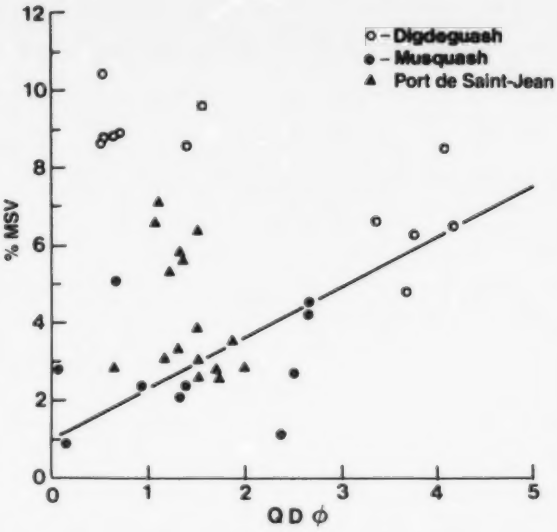


FIG. 3. Représentation graphique du pourcentage de matières solides volatiles d'après le poids sec des sédiments (% MSV) par rapport au coefficient de tri (QDϕ) dans trois estuaires. La courbe de régression et les données complémentaires proviennent de Wildish *et al.* (1980).

vrissement dû à la forte énergie des marées est indiqué par le QDϕ et le pourcentage de matières volatiles lorsqu'il y a une érosion nette des particules organiques (fig. 3). De nombreuses stations situées dans l'estuaire de la Musquash et dans le port de Saint-Jean sont à la limite de l'appauvrissement par l'énergie des marées. Ce type de station n'a pas été identifié auparavant en raison sans doute des difficultés rencontrées pour prélever des échantillons (Wildish *et al.*, 1980).

Un appauvrissement causé par les activités de l'homme a été signalé dans l'estuaire de l'inlet Letang (Wildish *et al.*, 1977), mais les stations visées ne figurent pas dans le tableau 10. Depuis 1972, on note une hypoxie aux trois stations les plus rapprochées des terres, due au métabolisme aérobie des organismes hétérotrophes dans les déchets insuffisamment traités provenant d'une usine de pâte à papier.

Le benthos — approche conceptuelle

La plupart des ouvrages récents sur la zoologie des espèces benthiques décrivent des associations animales par rapport à des facteurs limitants uniques, ou énoncent des théories sur ces associations, notamment sur la structure et la diversité des peuplements, leur processus évolutif et les relations stabilité / temps. De telles approches ont été rejetées (Wildish, 1977) en faveur d'une théorie de la multiplicité des facteurs limitants. Les ressources alimentaires constituent le principal facteur biotique qui étaye cette théorie; c'est pourquoi nous analysons ci-dessous le concept des groupes trophiques.

GROUPES TROPHIQUES

Le concept des groupes trophiques a été énoncé par des chercheurs qui ont décrit les modes de collecte de la nourriture des animaux dominants présents dans les échantillons (Hunt fut l'un des premiers à élaborer une théorie sur les groupes trophiques en 1925). La plupart du temps, ces groupes n'étaient pas observés directement, mais leur existence était déduite de l'étude du contenu stomacal et de la morphologie des pièces buccales. L'importance des quelques groupes trophiques auxquels appartiennent les espèces benthiques a été établie par Sanders (1960) et Rhoads et Young (1970). La quasi-totalité des espèces observées peuvent être classées d'après leur groupe trophique comme étant des organismes se nourrissant de matière en suspension ou de dépôts. Cette distinction repose essentiellement sur la façon dont le flux d'énergie atteint le fond des océans : il s'agit soit de particules transportées par les courants (seston) et qui constituent la nourriture des organismes se nourrissant de matière en suspension, soit de particules qui se déposent à l'interface sédiment / eau et qui sont directement ingérées par les organismes se nourrissant de dépôts, qui peuvent être sélectifs ou non (limivores). Les autres groupes trophiques (tableau 14) dépendent de l'un ou de l'autre de ces deux groupes (carnivores ou nécrophages omnivores) ou sont de moindre importance dans la zone infralittorale (brouteurs d'algues et certains nécrophages). On peut également subdiviser les deux groupes trophiques principaux comme suit : les organismes se nourrissant de matière en suspension peuvent soit aspirer activement l'eau pour filtrer le seston, soit utiliser passivement les courants d'eau pour capter le seston (Jorgensen, 1966). Les organismes se nourrissant de dépôts sont classés d'après la manière dont ils mélangent ou recyclent le sédiment (Rhoads, 1974). Ainsi, les espèces qui ingèrent les particules profondément enfouies dans le sédiment, souvent plus loin que la couche de discontinuité du potentiel d'oxydo-réduction, jouent un rôle de bioturbation; elles

TABLEAU 11. Classification de phi (ϕ) et des coefficients de tri du sédiment (QDϕ) d'après Swift *et al.* (1973).

ϕ	Médiane μ	Description	QDϕ	Description
−1–0	2000–1000	Sable très grossier	≤ 0,50	Très bien trié
0–1	1000–500	Sable grossier	0,51–0,80	Bien trié
1–2	500–250	Sable moyen	0,81–1,25	Modérément trié
2–3	250–125	Sable fin	1,30–2,29	Mal trié
3–4	125–62	Sable très fin	≥ 2,30	Très mal trié
4–8	62–4	Limon		
>8	<4	Argile		

TABLEAU 12. Estimations du rapport trophique (TR) des organismes qui se nourrissent de dépôts en pourcentage du nombre total > 5/m² (N), de la biommase > 1,0 g/m² (B), et du nombre d'espèces (S/m²). Pour les coordonnées des sites, voir tableau 9.

Site et station	TRN		TRB		TRS	
	N	%	B	%	S	%
Port de Saint-Jean, 7	73	100	2,24	100	6	100
Estuaire de la Musquash, 6	55	100	1,40	100	3	100
Estuaire de la Digdeguash, 1	449	100	18,50	100	22	100
Inlet Letang, 4	261	63	69,53	72	24	75
Inlet Letang, 11	115	43	137,92	6	17	50
Estuaire de la St. Croix, 5	137	71	38,96	7	20	50
Estuaire de la St. Croix, 10	200	20	195,27	6	24	50

déposent les particules sédimentaires, après passage dans leur système intestinal, à l'interface sédiment / eau (p. ex. *Praxillella praetermissa* et *Maldane* sp). D'autres espèces comme *Casco bigelowi* traversent le sédiment, le déplacent ou l'ingèrent. Les organismes de surface se nourrissant de dépôts comme *Macoma balthica*, ceux de subsurface comme *Nucula proxima*, et les espèces tubicoles comme *Haploops* sp. influent sur l'interface sédiment / eau de par leur mode de collecte de la nourriture et le forage de leurs tubes.

THÉORIE DE L'AMENSALISME ET DE L'EXCLUSION RÉCIPROQUE DES GROUPES TROPHIQUES

Selon la théorie de l'amensalisme des groupes trophiques énoncée par Rhoads et Young (1970), les organismes qui se nourrissent de dépôts sont nuisibles aux organismes qui se nourrissent de matière en suspension et à l'épifaune sessile, car ils empêchent la fixation des larves ou provoquent la mort d'espèces benthiques dès les premiers stades par leurs activités de remaniement du substrat. Rhoads et Young (1970) ont spécifiquement limité cette hypothèse qui, disent-ils, « n'explique pas de façon satisfaisante les facteurs qui distinguent les organismes qui se nourrissent de dépôts de ceux qui se nourrissent de matière en suspension, là où les éléments nutritifs ne constituent pas un facteur limitant pour les organismes qui se nourrissent de matière en suspension ». L'hypothèse de l'exclusion réciproque est compatible avec cette opinion, car les interactions biotiques que suppose l'amensalisme des groupes trophiques peuvent être importantes, en particulier lorsque les courants sont de force intermédiaire (jusqu'à 10 cm/s), comme c'était le cas dans la baie Buzzards étudiée par les auteurs. Toutefois, selon ces derniers, l'hypothèse de l'amensalisme se vérifierait seulement dans les régions des plates-formes continentales où la productivité primaire est élevée et où la nourriture n'est pas un facteur limitant pour les organismes se nourrissant de matière en suspension (Rhoads et Young, 1970), ce qui n'est pas compatible avec l'hypothèse de l'exclusion réciproque. De plus, les « groupes biotiques » décrits par Rhoads et Young (1970), soit les groupes trophiques homogènes d'organismes qui se nourrissent de matière en suspension, les groupes trophiques homogènes d'organismes qui se nourrissent de dépôts et les groupes trophiques mixtes, se distinguent des catégories d'associations animales décrites par Wildish et Kristmanson (1979). Jusqu'à maintenant, aucun peuplement homogène d'organismes qui se nourrissent de matière en

TABLEAU 13. Facteurs limitants spécifiques causant l'appauvrissement des populations benthiques et références.

Facteurs	Références
Milieu hypo-halin	Thomas et White (1969)
Fort courant de marée	Wildish et Kristmanson (1979)
Forte action des vagues	Tyler et Banner (1977)
Hypoxie	Barr et Knull (1973)
Prédation	Virnstein (1978)
Polluants	
métaux lourds	Lande (1977)
produits chimiques xénobiotiques (p. ex. D.D.T.)	Croker et Wilson (1970)

TABLEAU 14. Classification des groupes trophiques d'une partie de la macrofaune infralittorale de la baie de Fundy, selon la morphologie de la bouche et l'analyse du contenu intestinal. Symboles : S, organismes qui se nourrissent de matière en suspension; D, organismes qui se nourrissent de dépôts; C, carnivore; O, nécrophage omnivore; A, brouteur d'algues.

Espèces	Symbole trophique	Espèces	Symbole trophique
Polychètes		*M. niger*	S
Nepthys incisa	D/C	*Mulina lateralis*	S
Sternaspis scutata	D	*Buccinum undatum*	C
Pectinaria granulata	D	*Littorina littorea*	A
Clymenella torquata	D	*Lunatia pallida*	A
Lumbrinereis fragilis	D/C	*Acmaea testudinalis*	A
Praxillella praetermissa	D	*Margarites costalis*	A
P. gracilis	D		
Ninoe nigripes	D	Amphipodes	
Spio filicornis	D/C	*Corophium volutator*	D
Tharyx acutus	D	*Unciola irrorata*	D
Paraonis gracilis	D	*Leptocheirus pinguis*	D
Ampharete acutifrons	D	*Casco bigelowi*	D
Nereis diversicolor	D/S	*Pontoporeia femorata*	D
N. virens	D/?O	*Haploops tenuis*	S
Amphitrite johnstoni	S	*Ampelisca vadorum*	S
Spirorbis	S	*A. macrocephala*	S
Nephtys ciliata	C/D	*A. abdita*	S
Eteone heteropoda	C	*Edotea montosa*	A/O
Goniada maculata	C		
		Échinodermes	
Mollusques		*Cucumaria frondosa*	S
Macoma balthica	D	*Chiridota laevis*	S
Yoldia sapotilla	D	*Molpadia oolitica*	D
Y. myalis	D	*Amphipholis squamata*	D
Nuculana tenuisulcata	D	*Strongylocentrotus droebachiensis*	A
Nucula proxima	D		
N. delphinodonta	D	Sipuncles	
Modiolus modiolus	S	*Phascolion strombi*	D
Musculus niger	S		
Mya arenaria	S	Priapuliens	
Cyclocordia borealis	S	*Priapulus caudatus*	D
Lyonsia hyalina	S		
Astarte undata	S	Chordés	
Crenella glandula	S	*Dendrodoa carnea*	S
Artica islandica	S	*Dendrodoa grossularia*	S
Periploma sp.	S	*Bostrichobranchus pilularis*	S
Cerastoderma pinnulatum	S	*Ascidia callosa*	S
Musculus discors	S		

suspension n'a été observé dans les sédiments meubles de la baie de Fundy. Il se peut qu'un tel peuplement, absent des substrats meubles, ne se retrouve que sur les substrats durs comme les surfaces rocheuses et les récifs coralliens.

Selon la théorie d'exclusion réciproque des groupes trophiques (Wildish, 1977), la composition, la biomasse et la productivité de la macrofaune infralittorale sont fonction d'un facteur principal, soit la vitesse des courants de marée, qui conditionne les apports nutritifs et agit directement sur les deux grands groupes trophiques. L'exclusion réciproque s'explique du fait que chacun des deux groupes peut tolérer différentes vitesses de courant. Par exemple, les organismes qui se nourrissent de dépôts (fig. 4a) prospèrent sur des fonds où la circulation moyenne est faible (inférieure à la vitesse critique qui provoque l'érosion des sédiments) tandis que les organismes qui se nourrissent de matière en suspension (fig. 4b) prédominent sur les fonds parcourus de courants plus forts (5–30 cm/s). Lorsque la vitesse moyenne des courants est supérieure à 30 cm/s, les organismes qui se nourrissent de matière en suspension dépérissent et laissent place à un peuplement appauvri par les forts courants de marée (fig. 4c).

Les facteurs limitants des organismes se nourrissant de dépôts sont le taux de sédimentation nette et l'activité microbienne aérobie dans le sédiment, qui dépend des interactions entre les animaux et les microbes (Hargrave, 1976; Poole et Wildish, 1979). D'après Levinton *et al.* (1977), le facteur qui limite l'alimentation de l'organisme *Hydrobia* qui se nourrit de dépôts n'est pas le taux d'activité microbienne en lui-même mais le rythme de désagrégation des boulettes fécales. Les facteurs limitants de l'alimentation des organismes qui se nourrissent de matière en suspension seraient la concentration du seston à

ATP et les effets de l'hydrodynamisme sur la présence de ce seston à l'interface sédiment / eau. Les facteurs limitants directs comprennent les dommages physiques causés aux organismes qui se nourrissent de matière en suspension par les courants de vitesse supérieure à 12–25 cm/s, et des problèmes de fixation des larves associés à de fortes contraintes de cisaillement. En ce qui concerne les organismes qui se nourrissent de dépôts, tout courant de vitesse supérieure à quelques cm/s a pour effet d'emporter le sédiment remué, ce qui les prive de leurs sources d'alimentation. Par ailleurs, une fois remis en suspension, les sédiments ou les boulettes fécales sont en contact avec de l'eau non polluée, plus riche en oxygène dissous et en substances nutritives, ce qui stimule le métabolisme. De plus, les courants de marée influent sur le taux d'échange des gaz dissous ou des substances nutritives, de même que des particules, à l'interface sédiment / eau (Vanderborght et Wollast, 1978).

Selon la théorie des facteurs limitants multiples (Wildish, 1977), plusieurs facteurs biotiques autres que l'apport de substances nutritives peuvent influencer la composition, la biomasse et la productivité des peuplements macrobenthiques. Ces facteurs sont, par exemple, la colonisation par les larves, la concurrence entre les espèces ou à l'intérieur de celles-ci, et la prédation non seulement par d'autres carnivores benthiques, mais par des poissons et des invertébrés mobiles.

Virnstein (1977) a mené récemment des expériences sur la prédation dans la baie de Chesapeake en utilisant des cages à mailles métalliques afin d'exclure les prédateurs ou d'en retenir certains comme le crabe bleu (*Callinectes sapidus*) et le tambour *Leiostomus xanthurus*. La prédation est forte dans les peuplements benthiques, ce qui entraîne une croissance rapide, une courte période de reproduction et un renouvellement rapide des populations macrobenthiques dont la biomasse a toujours été inférieure à la capacité de charge de la région. Tyler (1972), qui a fait des recherches dans la baie Passamaquoddy, a montré que treize espèces de poissons de fond se nourrissent principalement de la macroendofaune infralittorale, chaque espèce ayant 3 à 9 proies principales. Toutes les proies macrofauniques sont des organismes se nourrissant de dépôts (*Aphrodite, Nephtys, Lumbrinereis, Praxillella, Unciola, Yoldia, Leptocheirus, Maera, Nuculana, Ophiura*) sauf *Arctica, Musculus* et *Venericardia* qui sont des organismes qui se nourrissent de matière en suspension. Ces trois dernières espèces constituent en partie le régime alimentaire de la loquette d'Amérique (20–65 cm de long) en été. Tyler (1972) a souligné que la loquette se nourrit essentiellement d'animaux à test, ce pour quoi elle semble spécialisée. Ces observations confirment l'hypothèse selon laquelle les organismes se nourrissant de dépôts représentent les proies de prédilection parmi la macrofaune benthique. Ces données expérimentales permettent d'expliquer pourquoi le rapport trophique calculé d'après le nombre d'individus, la biomasse ou la production (mesurée selon la biomasse avec un facteur de conversion P/B) ne constitue pas nécessairement un bon moyen d'évaluer les relations entre les facteurs physiques et la fonction trophique des animaux benthiques.

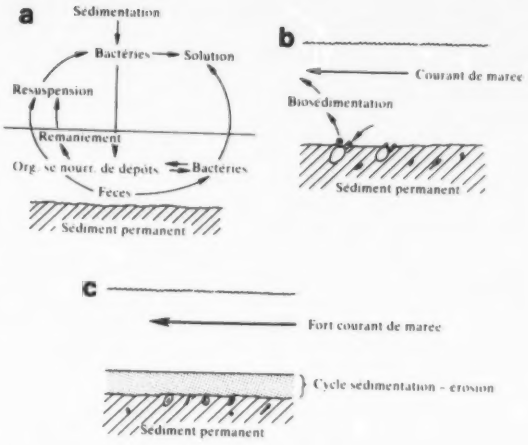


FIG. 4. Principaux peuplements macrofauniques infralittoraux : a) organismes se nourrissant de dépôts (d'après Rhoads, 1974); b) mixtes; c) appauvris.

Conclusions

Les méthodes quantitatives d'échantillonnage du benthos comportent des sources d'erreurs qui empêchent de faire une évaluation absolue de la biomasse des espèces benthiques. Ces erreurs peuvent être dues à l'insuffisance de la profondeur d'échantillonnage ou de la superficie échantillonnée, ou à des variations dans l'efficacité des tamis utilisés. Il est difficile de répondre à toutes les exigences, soit une profondeur de prélèvement de ~3 m et une superficie échantillonnée de plusieurs mètres carrés en utilisant un seul appareil. Même si un tel échantillonneur existait (p. ex. une trémie de dragage commerciale), il provoquerait la destruction des habitats benthiques et il ne pourrait pas servir au tamisage des sédiments prélevés. La meilleure solution consiste probablement à utiliser deux échantillonneurs, dont l'un conviendrait au prélèvement d'échantillons en profondeur et sur une superficie limitée, comme un carottier, et l'autre au prélèvement d'échantillons sur une superficie supérieure à 0,1 m^2. Les chercheurs qui font des études autoécologiques doivent utiliser les caractéristiques de divers appareils pour évaluer la profondeur et la superficie occupée par des espèces considérées. Dans l'étude du benthos, il faut toujours préciser la profondeur et la superficie échantillonnée, de même que la grosseur des mailles des tamis employés.

La méthode comparative est particulièrement utile pour établir des corrélations entre les paramètres physiques et biologiques. Ainsi, on a pu facilement identifier les peuplements appauvris par une faible salinité, une forte énergie des courants de marée et une hypoxie associée à la pollution par des usines de pâte à papier. Utilisée conjointement avec la théorie des groupes trophiques, la méthode comparative permettra de faire des évaluations biologiques pour d'autres estuaires de la baie de Fundy et

de réduire le nombre d'échantillons nécessaires à l'étude des paramètres physiques.

L'élaboration d'une théorie globale de la biologie des espèces benthiques repose sur trois éléments : utilisation de la classification par groupes trophiques sur laquelle se fonde la notion de facteurs limitants sur le plan alimentaire, observations sur place détaillées des phénomènes physiques par rapport à la distribution et à la productivité des espèces benthiques, et enfin, analyses sur place ou en laboratoire afin de vérifier les hypothèses émises dans ce domaine. Cette théorie pourrait faciliter la prédiction du comportement de la macrofaune infralittorale soumise à des perturbations. C'est sur une telle base que doit être élaborée une stratégie de gestion efficace des ressources côtières.

Remerciements

Je voudrais remercier MM. Art Wilson et Hugh Akagi de l'aide technique qu'ils m'ont apportée, ainsi que les capitaines et les équipages de navires d'échantillonnage. Je tiens à remercier également M. Don Peer qui a mis à ma disposition son équipement et ses connaissances de l'échantillonnage des espèces benthiques marines.

Références

Akagi, H.M. et D.J. Wildish. 1975. Determination of the sorting characteristics and organic carbon content of estuarine sediments. Fish. Res. Board Can. MS Rep. 1370 : 15 p.

Bagge, P. et E. Ilus. 1974. Interannual changes of the soft bottom fauna at some permanent Finnish stations in 1967–70. Ann. Biol. 28 : 78.

Barnes, H. 1959. Oceanography and marine biology. A book of techniques. George Allen and Unwin Ltd., Londres. 218 p.

Barr, L. et J.R. Knull. 1973. A temporarily anoxic water mass in an Alaska estuary. U.S. Natl. Fish. Mar. Serv. Fish. Bull. 71 : 896–900.

Bousfield, E.L. 1973. Shallow-water Gammaridean Amphipoda of New England. Cornell University Press, Ithaca, NY. 312 p.

Brinkhurst, R.O., L.E. Linkletter, E.I. Lord, S.A. Connors et M.J. Dadswell. 1975. A preliminary guide to the littoral and sublittoral marine invertebrates of Passamaquoddy. Publication spéciale du Laboratoire maritime Huntsman, St. Andrews (N.-B.). 166 p.

Brunel, P. 1979. Seasonal changes of daily vertical migrations in a supra-benthic cold-layer shelf community over mud in the Gulf of St. Lawrence, p. 383–390. *Dans* E. Naylor et R.G. Hartnoll [éd.]. Cyclic phenomena in marine plants and animals. Pergamon Press, Inc., Oxford, R.-U.

Buchanan, J.B., P.F. Kingston et M. Sheader. 1974. Long-term population trends of the benthic macrofauna in the offshore mud of the Northumberland coast. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 54 : 785–795.

Caddy, J.F. 1970. Records of associated fauna in scallop dredge hauls from the Bay of Fundy. Fish. Res. Board Can. Tech. Rep. 225 : 11 p.

Carter, J.A. et C.D. MacGregor. 1978. Ecological study of Saint John Harbour, New Brunswick. Effects of dredge disposal on marine benthos. Rapport inédit, Martec Ltd., Halifax (N.-É.).

Cassie, R.M. et A.D. Michael. 1968. Fauna and sediments of an intertidal mudflat : a multivariate analysis. J. Ex. Mar. Biol. Ecol. 2 : 1–23.

Croker, R.A. et A.J. Wilson. 1970. Kinetics and effects of DDT in a tidal marsh ditch. Trans. Am. Fish. Soc. 99 : 152–159.

Den Hartog, C. 1960. Comments on the Venice system for the classification of brackish waters. Int. Revue Ges Hydrobiol. Hydrogr. 45 : 481–485.

Downing, J.A. 1979. Aggregation, transformation, and the design of benthos sampling programs. J. Fish. Res. Board Can. 36 : 1454–1463.

Eagle, R.A. 1975. Natural fluctuations in a soft bottom benthic community. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 55 : 865–878.

Elliot, J.M. 1977. Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates. Freshw. Biol. Assoc., U.K., Ambleside, Cumbria. 160 p.

Fager, E.W. 1957. Determination and analysis of recurrent groups. Ecology 38 : 586–595.

Field, J.G. et G. McFarlane. 1968. Numerical methods in marine ecology. I. A quantitative "similarity" analysis of rocky shore samples in False Bay, South Africa. Zool. Afr. 3 : 119–137.

Fisher, R.A., A.S. Corbett et C.B. Williams. 1943. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. J. Anim. Ecol. 12 : 42–58.

Foulkes, T.J. et J.F. Caddy. 1972. DUCCS — A collapsible underwater camera sled for sea-bed photography from a drifting support vessel. Fish. Res. Board Can. Tech. Rep. 310 : 11 p.

Foulkes, T.J. et D.J. Scarratt. 1972. Design and performance of TURP — a diver controlled towed underwater research plane. Fish. Res. Board Can. Tech. Rep. 295 : 11 p.

Gage, J. et A.D. Geekie. 1973. Community structure of the benthos in Scottish Sea Lochs. II. Spatial pattern. Mar. Biol. 19 : 41–53.

Gosner, K.L. 1971. Guide to identification of marine and estuarine invertebrates. Wiley-Interscience, New York, NY. 693 p.

Green, R.H. 1979. Sampling design and statistical methods for environmental biologists. Wiley-Interscience, New York, NY. 257 p.

Hargrave, B.T. 1976. The central role of invertebrate feces in sediment decomposition. *Dans* J.M. Anderson et A. Macfadyen [éd.]. The role of terrestrial and aquatic organisms in decomposition processes. Blackwell, Oxford, R.-U.

Hessler, R.R. et P.A. Jumars. 1974. Abyssal community analysis from replicate box cores in the central north Pacific. Deep-Sea Res. 21 : 185–209.

Hessler, R.R. et H.L. Sanders. 1967. Faunal diversity in the deep sea. Deep-Sea Res. 14 : 65–78.

Holme, N.A. 1950. Population dispersion in *Tellina tenuis* da Costa. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 29 : 267–280.

1971. Position fixing, p. 12–29. *Dans* Methods for the study of marine benthos. IBP Handbook No. 16. Blackwell, Oxford, R.-U. 334 p.

Holme, N.A. et A.D. McIntyre [Éd.]. 1971. Methods for the study of marine benthos. IBP Handbook No. 16. Blackwell, Oxford, R.-U. 334 p.

Hughes, R.N., D. Peer et K.H. Mann. 1972. Use of multivariate analysis to identify functional components of the benthos in St. Margaret's Bay, Nova Scotia. Limnol. Oceanogr. 17 : 111–121.

HUNT, O.D. 1925. The food of the bottom fauna of the Plymouth fishing grounds. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 13 : 560–599.

HUNTER, B. ET A.E. SIMPSON. 1976. A benthic grab designed for easy operation and durability. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 56 : 951–957.

JOHNSON, H.D. 1978. Shallow siliciclastic seas, p. 207–258. *Dans* H.G. Reading [éd.]. Sedimentary environments and facies. Elsevier-North Holland Pub. Co., New York, NY.

JONES, N.S. 1971. Diving, p. 71–79. *Dans* Methods for the study of marine benthos. IBP Handbook No. 16, Blackwell, Oxford, R.-U. 334 p.

JORGENSEN, C.B. 1966. Biology of suspension feeding. Pergamon Press, Inc., Londres. 357 p.

KAPLAN, E.H., J.R. WELKER ET M.G. KRAUSE. 1974. A shallow-water system for sampling macrobenthic infauna. Limnol. Oceanogr. 19 : 346–350.

KRISTMANSON, D.D. 1976. Salinity distributions in the Musquash estuary. Fish. Res. Board Can. MS Rep. 1329 : 14 p.

LANDE, E. 1977. Heavy metal pollution in Trondheimsfjorden, Norway and the recorded effects on the fauna and flora. Environ. Pollut. 12 : 187–198.

LEVINTON, J. 1972. Spatial distribution of *Nucula proxima* Say (Protobranchia) : an experimental approach. Biol. Bull. 143 : 175–183.

LEVINTON, J.S., G.R. LOPEZ, H.H. LASSEN ET V. RAHN. 1977. Feedback and structure in deposit feeding marine benthic communities, p. 409–416. *Dans* B.F. Keegan et P. O'Ceidigh [éd.]. Biology of benthic organisms. Pergamon Press, Inc., Londres.

LIE, V. ET R.A. EVANS. 1974. Long-term variability in the structure of subtidal benthic communities in Puget Sound, Washington, USA. Water Res. 8 : 122–126.

LIE, V. ET M. PAMATMAT. 1965. Digging characteristics and sampling efficiencies of the 0.1 m^2 Van Veen grab. Limnol. Oceanogr. 10 : 379–384.

LIVINGSTON, R.J. 1976. Diurnal and seasonal fluctuations of organisms in a North Florida estuary. Estuarine Coastal Mar. Sci. 4 : 373–400.

MCINTYRE, A.D. 1971. Meiofauna and microfauna sampling, p. 131–139. *Dans* Methods for the study of marine benthos. IBP Handbook No. 16, Blackwell, Oxford, R.-U. 334 p.

METCALFE, C.D., M.J. DADSWELL, G.F. GILLIS ET M.L.H. THOMAS. 1976. Physical, chemical and biological parameters of the Saint John River estuary, New Brunswick, Canada. Fish. Mar. Serv. Res. Dev. Tech. Rep. 686 : 42 p.

MILLS, E.L. 1969. The community concept in marine zoology with comments on continua and instability in some marine communities : a review. J. Fish. Res. Board Can. 26 : 1415–1428.

NALWALK, A.J., J.B. HERSEY, J.S. REITZEL ET H.E. EDGERTON. 1962. Improved techniques of deep-sea rock dredging. Deep-Sea Res. 8 : 301–302.

PARSONS, T.R., M. TAKAHASHI ET B.T. HARGRAVE. 1977. Biological oceanographic processes. 2e éd. Pergamon Press, Inc., Oxford, R.-U. 322 p.

PEMBERTON, G.S., M.J. RISK ET D.E. BUCKLEY. 1976. Supershrimp : deep bioturbation in the Strait of Canso, Nova Scotia. Science 192 : 790–791.

PERKINS, E.J. 1974. The biology of estuaries and coastal waters. Academic Press, Inc., Londres.

PETERSEN, C.G.J. 1913. Valuation of the sea. II. The animal communities of the sea bottom and their importance for marine zoogeography. Rep. Dan. Biol. Sta. 21 : 1–69.

PETERSEN, C.G.J. ET P.B. JENSEN. 1911. The valuation of the sea. I. The animal life on the sea bottom : its food and quality. Rep. Dan. Biol. Sta. 20 : 1–79.

1918. The sea bottom and its production of fish food. Rep. Dan. Biol. Sta. 25 : 1–62.

POOLE, N.J. ET D.J. WILDISH. 1979. Polysaccharide degradation in estuaries. *Dans* R.C.W. Berkley, D.C. Ellwood et G.W. Gooday [éd.]. Microbial polysaccharides and their degradation. Academic Press, Inc., Londres.

POOLE, N.J.D., D.J. WILDISH ET D.D. KRISTMANSON. 1978. The effects of the pulp and paper industry on the aquatic environment. CRC Crit. Rev. Environ. Control 8 : 153–195.

REISH, D. 1959. A discussion of the importance of the screen size in washing quantitative marine bottom samples. Ecology 40 : 307–308.

RHOADS, D.C. 1974. Organism-sediment relations on the muddy sea floor. Oceanogr. Mar. Biol. 12 : 263–300.

RHOADS, D.C. ET D.K. YOUNG. 1970. The influence of deposit feeding organisms on sediment stability and community trophic structure. J. Mar. Res. 28 : 150–178.

RODINA, A.G. 1972. Methods in aquatic microbiology. Traduit, édité et révisé par R.R. Colwell et M.S. Zambruski. University Park Press, Baltimore and Butterworth & Co., Londres. 461 p.

ROSENBERG, R. 1974. Spatial dispersion of an estuarine benthic faunal community. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 15 : 69–80.

1977. Benthic macrofaunal dynamics, production and dispersion in an oxygen deficient estuary of west Sweden. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 26 : 107–134.

ROSSWALL, T. [ÉD.]. 1973. Modern methods in the study of microbial ecology. Bull. Ecol. Res. Committee/NFR, Stockholm : 511 p.

SANDERS, H.L. 1960. Benthic studies in Buzzards Bay. III. The structure of the soft-bottom community. Limnol. Oceanogr. 5 : 138–153.

SANDERS, H.L., R.R. HESSLER ET G.R. HAMPSON. 1965. An introduction to the study of deep-sea benthic faunal assemblages along the Gay Head–Bermuda transect. Deep-Sea Res. 12 : 845–867.

STEVENSON, L.H. ET R.R. COLWELL [ÉD.]. 1973. Estuarine microbial ecology. University of South Carolina Press, Columbia, SC. 536 p.

SWIFT, D.J.P., B.P. PELLETIER, A.K. LYALL ET J.A. MILLER. 1973. Quaternary sedimentation in the Bay of Fundy. Geol. Surv. Can. Pap. 71–23 : 113–151.

TANNER, C., M.W. HAWKES, P.A. LEBEDNIK ET E. DUFFIELD. 1977. A hand-operated suction sampler for the collection of subtidal organisms. J. Fish. Res. Board Can. 34 : 1031–1034.

THOMAS, M.L.H. ET G.N. WHITE. 1969. Mass mortality of estuarine fauna at Bideford, P.E.I., associated with abnormally low salinities. J. Fish. Res. Board. Can. 26 : 701–704.

TYLER, A.V. 1972. Food resource division among northern, marine demersal fishes. J. Fish. Res. Board Can. 29 : 997–1003.

TYLER, P.A. ET F.T. BANNER. 1977. The effect of coastal hydrodynamics on the echinoderm distribution in the sublittoral of Oxwich Bay, Bristol Channel. Estuarine Coastal Mar. Sci. 5 : 293–308.

VANDERBORGHT, J.P. ET R. WOLLAST. 1978. Mass transfer properties in sediments near the benthic boundary layer, p. 209–219. *Dans* J.C.J. Nihoul [éd.]. Bottom turbulence. Elsevier, Amsterdam, Pays-Bas.

VIRNSTEIN, R.W. 1977. The importance of predation by crabs and fishes on benthic infauna in Chesapeake Bay. Ecology 58 : 1199–1217.

WHITLACH, R.B. 1977. Seasonal changes in the community structure of the macrobenthos inhabiting the intertidal sand and mud flats of Barnstable Harbour, Massachusetts. Biol. Bull. 152 : 275–294.

WILDISH, D.J. 1977. Factors controlling marine and estuarine sublittoral macrofauna. Helgol. Wiss. Meersunters. 30 : 445–454.

1978. Sublittoral macro-infaunal grab sampling reproductibility and cost. Fish. Mar. Serv. Tech. Rep. 770 : 14 p.

WILDISH, D.J. ET J.J. DICKENSON. 1982. A new species of *Haploops* (Amphipoda, Ampeliscidae) from the Bay of Fundy. Can. J. Zool. 60 : 962–967.

WILDISH, D.F. ET D.D. KRISTMANSON. 1979. Tidal energy and sublittoral macrobenthic animal distribution in estuaries. J. Fish. Res. Board Can. 36 : 1197–1206.

WILDISH, D.J., N.J. POOLE ET D.D. KRISTMANSON. 1977. Temporal changes of sublittoral macrofauna caused by sulfite pulpmill pollution. Fish. Mar. Serv. Tech. Rep. 718 : 13 p.

1979. Pulp mill pollution in L'Etang estuary, a case history and clean-up alternatives. Fish. Mar. Serv. Tech. Rep. 884 : 6 p.

WILDISH, D.J. ET A.J. WILSON. 1976. Check list for sublittoral macro-infauna sampled between 1970 and 1975 in four Bay of Fundy estuaries. Fish. Res. Board Can. MS Rep. 1398 : 12 p.

WILDISH, D.J., A.J. WILSON ET H.M. AKAGI. 1980. Sublittoral macroinfauna of Digdeguash estuary, New Brunswick, Canada. Can. Fish. Aquat. Sci. MS Rep. 1568 : 8 p.

WILSON, D.P. 1953. The settlement of *Ophelia bicornis* Savigny larvae. The 1951 experiments. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 31 : 413–438.

1954. The settlement of *Ophelia bicornis* Savigny larvae. The 1952 experiments. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 32 : 209–233.

WOLFF, T. 1977. Diversity and faunal composition of the deep sea benthos. Nature 267 : 780–785.

CHAPITRE 10

Poissons

W.B. Scott

Laboratoire maritime Huntsman
St. Andrews (N.-B.)

Historique

Depuis le début du siècle, les poissons et les pêcheries de la baie Passamaquoddy et des eaux adjacentes reçoivent une attention soutenue, du fait principalement de l'existence d'une pêche commerciale extrêmement productive et de l'établissement, aux alentours de 1899, d'une station de biologie à St. Andrews.

La richesse particulière des pêcheries de Quoddy est connue depuis de nombreuses années. Selon Huntsman (1952), la région de Quoddy possédait la pêche la plus productive de l'ensemble de la baie de Fundy, les eaux du comté de Charlotte produisant 147 lb/acre, suivies par les eaux de Digby, en Nouvelle-Écosse, qui atteignaient seulement 33 lb/acre. Cette productivité remarquable s'expliquait, semblait-il, par l'existence d'un fort écoulement d'eau douce, la présence d'eau salée froide et la force des marées qui les brasse.

Si cette pêcherie en elle-même est exceptionnelle, qu'en est-il des poissons qui y sont pêchés? Que révèle la comparaison de cette faune avec celle des eaux d'autres parties de la côte atlantique du Canada ou même du Pacifique?

La faune de l'Atlantique nord est de façon générale moins diversifiée que celle du Pacifique nord. Il existait une continuité beaucoup plus nette entre ces faunes à l'époque cénozoïque mais, à la fin du Miocène et pendant le Pliocène, l'Amérique centrale s'est soulevée, fermant le passage qui reliait les deux océans (Durham et Allison, 1960). Avant cette période, l'océan Atlantique recevait des espèces fauniques du Pacifique et de l'Arctique. Le refroidissement des océans pendant le Miocène a permis le remplacement de la riche faune tropicale (Ekman, 1953). Ce remplacement a pu avoir lieu pendant le Pliocène grâce à l'ouverture du détroit de Béring et à des conditions climatiques favorables qui ont permis le passage d'espèces du Pacifique jusqu'à l'Atlantique par l'océan Arctique (Briggs, 1970).

Ce phénomène est confirmé par la comparaison des ichtyofaunes des côtes canadiennes de l'Atlantique et du Pacifique. Si l'on considère les familles représentées dans les deux régions, celles du Pacifique sont plus diversifiées, comme le montre l'exemple ci-dessous qui donne le nombre d'espèces de chaque famille pour chaque région :

Famille	Atlantique	Pacifique
Scorpaenidae	4	37
Osmeridae	2	7
Cottidae	14	42
Pleuronectidae	7	19

Par contre, la famille Gadidae, c'est-à-dire celle des Morues, est représentée par 19 espèces sur la côte atlantique mais 4 seulement sur la côte du Pacifique. Étant donné l'emplacement et l'âge des fossiles découverts, l'histoire à l'ère Tertiaire des mers où on les a trouvés et la distribution et l'écologie récentes des Morues, on considère que ce groupe de poissons trouve son origine dans l'Atlantique ou même dans le bassin Atlantique-Arctique (voir Svetovidov, 1948, 1956).

La zoogéographie et la distribution d'une espèce de la côte atlantique, *Pungitius pungitius*, l'Épinoche à neuf épines, dont on situe l'origine dans le bassin du Pacifique, a été étudiée en détail par McPhail (1963). Selon ce chercheur, avant d'occuper son habitat actuel le long de la côte atlantique, l'espèce aurait quitté l'Alaska en passant par l'Arctique canadien (y compris la baie d'Hudson), aurait suivi les côtes de l'Ungava dans le nord du Québec, puis celles du Labrador, pour atteindre les Maritimes et la Nouvelle-Angleterre.

En termes de comparaison, toutefois, les eaux de l'Atlantique nord-ouest sont considérées comme fauniquement pauvres. Le milieu marin de la baie de Fundy et du golfe du Maine est rude, et habituellement considéré comme « boréal » (Bousfield, 1960; Briggs, 1974; Lubinsky, 1980). Pour obtenir des renseignements supplémentaires sur l'évolution du milieu de la région, voir Bousfield et Thomas (1975).

La pauvreté de l'ichtyofaune n'est donc pas seulement causée par l'histoire géologique et climatologique relativement récente, qui a limité le nombre des espèces, mais aussi par un environnement qui ne favorise pas la spéciation. Le fort courant du Labrador amène dans la région de l'eau froide de l'Arctique, de nombreux cours d'eaux y déversent de l'eau douce (ce qui cause des modifications de la salinité) et le mouvement des marées assure un brassage permanent, tout cela en présence de changements climatiques saisonniers. La diversité faunique est fonction de la stabilité climatique ou environnementale, ainsi que de la région géographique (Sanders, 1968); plus l'environnement est stable, plus la faune est diverse.

Les facteurs qui limitent le nombre des espèces présentes sur la côte atlantique du Canada sont aussi responsables de la productivité biologique exceptionnelle de cette région. En conséquence, bien que le nombre des espèces y soit limité, celles qui se sont adaptées peuvent connaître un succès qualitatif et quantitatif remarquable, ce qui fait des eaux canadiennes de l'Atlantique l'une des zones de pêche les plus riches du monde.

Les poissons présents dans la région de Quoddy peuvent se regrouper sous les catégories suivantes : 1) les

espèces d'eau froide qui se sont adaptées à la vie dans la région, et dont certaines frayent pendant les mois d'hiver (Gadidae) et certaines au début du printemps (Pleuronectidae, Cottidae); 2) celles d'eau chaude qui se sont adaptées à la vie de la région (Labridae) et frayent pendant l'été; enfin, 3) celles qui viennent du nord ou du sud et pénètrent dans la région respectivement en hiver ou en été pour y frayer ou non. Les espèces de cette dernière catégorie, et notamment les poissons qui arrivent en été, y viennent principalement pour profiter de la richesse de la région sur le plan alimentaire.

Le présent chapitre s'intéresse uniquement aux poissons de mer, y compris les espèces anadromes et catadromes; il ne traite pas des espèces d'eau douce. Sur ce dernier sujet, consulter Scott (1967), Scott et Crossman (1959) et Scott et Crossman (1973); cette dernière publication donne des renseignements sur la conservation et l'étude des spécimens.

Liste des poissons de la région de Quoddy

La liste qui suit comporte 104 espèces réparties en 47 familles. Les données présentées proviennent d'études publiées, des dossiers de la Station de biologie de St. Andrews (Pêches et Océans Canada), ou d'observations personnelles. Parmi les études publiées, le rapport de Hunstman (1922), intitulé *The Fishes of the Bay of Fundy*, est particulièrement important. L'auteur y donne des détails sur l'écologie et la distribution de 89 espèces. Parmi les autres travaux pertinents, noter les études de Bigelow et Schroeder (1953), Kendall (1914), Leim (1960), Leim et Day (1959), Leim et Scott (1966), Linkletter *et al.* (1977), Scattergood (1948, 1951), Scattergood et Coffin (1957), Scattergood et Goggins (1958) et Tyler (1971).

Les travaux réalisés par Tyler (1971) sur la communauté de poissons sont particulièrement intéressants. Un point particulier de la baie Passamaquoddy a fait l'objet d'un prélèvement mensuel au chalut. Tyler a qualifié de « régulières » les espèces présentes pratiquement à chaque prélèvement, de « périodiques d'été » celles qui étaient présentes seulement pendant les mois chauds (juillet à novembre) et de « périodiques d'hiver » celles qui étaient présentes seulement pendant les mois où la température atteignait son minimum (décembre à avril). Il appelait « occasionnelles » les espèces présentes de façon irrégulière et en faible quantité dans les échantillons.

Tyler utilisait ces termes pour indiquer la fréquence d'occurrence, dans une zone d'étude particulière, de poissons capturés à l'aide d'un type particulier d'engin de pêche et sur une période de 16 mois. La présente étude décrit l'occurrence de poissons dont la présence est connue dans la région depuis environ 1850. Nous avons donc dû trouver de nouveaux termes, et nous proposons, pour qualifier une espèce, les termes qui suivent :

commune — qui se trouve en un point ou un autre de la région pendant toute l'année, mais pas nécessairement en grand nombre;

occasionnelle — occurrence sporadique, présence parfois de 10 spécimens ou plus, souvent saisonnière;

inhabituelle — présence signalée une ou deux fois par an pratiquement tous les ans, souvent saisonnière;

rare — signalée moins de 15 fois dans la région, probablement une fois tous les 3 à 5 ans, présence généralement saisonnière;

douteuse — présence signalée une seule fois, habituellement avant 1925, renseignements incomplets;

résidente — espèce qui apparaît dans la région toute l'année à au moins un stade de son cycle biologique, et qui peut se déplacer dans la colonne d'eau selon la saison; et

migratrice — espèce qui apparaît dans la région pendant des périodes de un à plusieurs mois, de façon généralement saisonnière; les poissons migrateurs peuvent provenir du nord (Arctique), du sud (zone tempérée) ou des eaux plus profondes du large (haute mer).

Au total, 104 espèces composent l'ichtyofaune de la région. Quatre de ces espèces, qui se trouvent être des salmonidés (saumon rose, coho, truite arc-en-ciel et truite brune) sont introduites. Sur les 100 espèces restantes, 57 sont considérées comme résidantes permanentes, et 35 de ces 57, soit plus de la moitié, appartiennent à sept familles seulement : Harengs, Morues, Épinoches, Chabots, Poules de mer, Turbots et enfin Plies et Flétans.

Le groupe qui provient des eaux du sud, c'est-à-dire les 29 espèces migratrices de zone tempérée (comme le Grand Requin blanc et le Thon rouge), compose le deuxième groupe en importance, suivi par 8 espèces (comme la Maurolique de Müller) qui viennent des eaux du large, et par 6 autres espèces (notamment la Laimargue atlantique et le Capelan) qui proviennent des eaux du nord.

Cette liste donne un maximum d'information sous une forme abrégée. Par exemple, la grande Lamproie marine, *Petromyzon marinus*, n'abonde pas dans la région, mais ses larves y sont présentes pendant la plus grande partie de l'année, car elles vivent dans le fond vaseux de quelques cours d'eau, notamment le ruisseau Dennis. À ce stade biologique, la lamproie est donc benthique. Au printemps, les adultes retournent en mer. Ce déplacement pélagique s'achève lorsqu'elles trouvent un cours d'eau satisfaisant, où elles se reproduisent puis meurent. Les Lamproies marines adultes sont donc anadromes comme le Saumon de l'Atlantique et d'autres Salmonidés, alors que leurs larves passent 3 à 5 ans parmi l'endofaune benthique. La description abrégée de la grande Lamproie de mer serait donc :

Occasionnelle; résidante; anadrome; benthique et pélagique.

Liste des poissons

Classe des AGNATHES

Ordre des Myxiniformes

Famille des Myxinidae — Myxines

Myxine glutinosa Linné — Myxine du nord
Commune; résidante; benthique

Ordre des PÉTROMYZONTIFORMES

Famille des Petromyzontidae — Lamproies

Petromyzon marinus Linné — Grande Lamproie marine
Occasionnelle; résidante; anadrome; benthique et pélagique.

Classe des CHONDRICHTHYENS

Ordre des SQUALIFORMES

Famille des Odontaspididae — Requins-taureaux

Odontaspis taurus (Rafinesque) — Requin-taureau
Rare; migratrice; zone tempérée; pélagique

Famille des Alopiidae — Renards marins

Alopias vulpinus (Bonnaterre) — Renard marin
Rare; migratrice; zone tempérée; pélagique

Famille des Lamnidae — Lamies

Carcharodon carcharias (Linné) — Grand Requin blanc
Rare; migratrice; zone tempérée-tropicale; pélagique
Cetorhinus maximus (Gunnerus) — Pèlerin
Inhabituelle; migratrice; zone tempérée; pélagique
Lamna nasus (Bonnaterre) — Maraîche
Commune; résidante; pélagique

Famille des Carcharhinidae

Mustelus canis (Mitchill) — Émissole
Rare; migratrice; zone tempérée; pélagique
Rhizoprionodon terraenovae (Richardson) — Requin à nez pointu
Rare; migratrice; zone tempérée; pélagique

Famille des Squalidae

Somniosus microcephalus (Bloch et Schneider) — Laimargue atlantique
Rare; migratrice; arctique; pélagique
Squalus acanthias Linné — Aiguillat commun
Commune (en été); migratrice; zone tempérée; pélagique

Ordre des RAJIFORMES

Famille des Rajidae — Raies

Raja erinacea Mitchill — Raie hérisson
Commune (en hiver); migratrice; haute mer; benthique
Raja laevis Mitchill — Grande Raie
Occasionnelle; migratrice; haute mer; benthique
Raja ocellata Mitchill — Raie tachetée
Occasionnelle; migratrice; haute mer; benthique
Raja radiata Donovan — Raie épineuse
Commune; résidante; benthique
Raja senta Garman — Raie lisse
Occasionnelle; résidante; benthique

Famille des Torpedinidae — Torpilles

Torpedo nobiliana Bonaparte — Torpille noire
Rare; migratrice; zone tempérée-tropicale; benthique

Classe des OSTEICHTHYENS

Ordre des ACIPENSERIFORMES

Famille des Acipenseridae — Esturgeons

Acipenser oxyrhynchus Mitchill — Esturgeon noir
Inhabituelle; résidante; anadrome; benthique

Famille des Albulidae — Bananes

Albula vulpes (Linné) — Banane de mer
Douteuse; migratrice; zone tempérée-tropicale; pélagique

Ordre des ANGUILLIFORMES

Famille des Anguillidae — Anguilles d'eau douce

Anguilla rostrata (Lesueur) — Anguille d'Amérique
Commune; résidante; catadrome; benthique

Ordre des CLUPEIFORMES

Famille des Clupeidae — Harengs

Alosa aestivalis (Mitchill) — Alose d'été
Occasionnelle; résidante; anadrome; pélagique
Alosa pseudoharengus (Wilson) — Gaspareau
Commune; résidante; anadrome; pélagique
Alosa sapidissima (Wilson) — Alose savoureuse
Inhabituelle; migratrice; zone tempérée; anadrome; pélagique
Brevoortia tyrannus (Latrobe) — Alose tyran
Rare; migratrice; zone tempérée; pélagique
Clupea harengus harengus Linné — Hareng atlantique
Commune; résidante; pélagique
Etrumeus teres (Dekay) — Shadine
Rare; migratrice; zone tempérée; pélagique

Famille des Salmonidae — Saumons et Truites

Oncorhynchus gorbuscha (Walbaum) — Saumon rose
Rare; introduite; migratrice; anadrome; pélagique
Oncorhynchus kisutch (Walbaum) — Saumon coho
Rare; introduite; migratrice (et résidante?); anadrome; pélagique
Salmo gairdneri Richardson — Truite arc-en-ciel
Rare; introduite; migratrice; anadrome; pélagique
Salmo salar Linné — Saumon de l'Atlantique
Commune; résidante; anadrome; pélagique
Salmo trutta Linné — Truite brune
Occasionnelle; introduite; résidante; anadrome; pélagique
Salvelinus fontinalis (Mitchill) — Omble de fontaine
Commune; résidante; anadrome; pélagique

Famille des Osmeridae — Éperlans

Mallotus villosus (Müller) — Capelan
Inhabituelle; migratrice; arctique; pélagique
Osmerus mordax (Mitchill) — Éperlan arc-en-ciel
Commune; résidante; anadrome; pélagique

Famille des Gonostomatidae — Cyclothones

Maurolicus muelleri (Gmelin) — Maurolique de Müller
Rare; migratrice; haute mer; bathypélagique

Ordre des LOPHIIFORMES

Famille des Lophiidae — Baudroies

Lophius americanus Valenciennes — Baudroie d'Amérique
Occasionnelle; résidante; benthique

Ordre des GADIFORMES

Famille des Gadidae — Morues

Brosme brosme (Müller) — Brosme
Inhabituelle; résidante; benthique
Enchelyopus cimbrius (Linné) — Motelle à quatre barbillons
Occasionnelle; résidante; benthique
Gadus morhua Linné — Morue de l'Atlantique
Commune; résidante; benthique
Melanogrammus aeglefinus (Linné) — Aiglefin
Commune; résidante; benthique
Merluccius bilinearis (Mitchill) — Merlu argenté
Occasionnelle; migratrice; haute mer; pélagique
Microgadus tomcod (Walbaum) — Poulamon atlantique
Commune; résidante; anadrome; benthique
Pollachius virens (Linné) — Goberge
Commune; migratrice; haute mer; zone tempérée; pélagique
Urophycis chuss (Walbaum) — Merluche-écurcuil
Commune; résidante; benthique;
Urophycis tenuis (Mitchill) — Merluche blanche
Commune; résidante; benthique

Famille des Macrouridae — Grenadiers

Nezumia bairdi (Goode et Bean) — Grenadier de Baird
Rare; migratrice; haute mer; benthopélagique

Famille des Zoarcidae — Lycodes

Lycenchelys verrilli (Goode et Bean) — Lycode à tête longue
Rare; migratrice; zone tempérée (haute mer); benthique
Macrozoarces americanus (Schneider) — Loquette d'Amérique
Commune; résidante; benthique

Ordre des Atheriniformes

Famille des Exocoetidae — Exocets

Hyporhamphus unifasciatus (Ranzani) — Balourou
Rare; migratrice; zone tempérée; pélagique

Famille des Cyprinodontidae — Menés d'eau saumâtre

Fundulus heteroclitus (Linné) — Choquemort
Commune; résidante; pélagique des eaux côtières

Famille des Atherinidae — Capucettes

Menidia menidia (Linné) — Capucette
Commune; résidante; pélagique des eaux côtières

Ordre des Zeiformes

Famille des Zeidae — Zées

Zenopsis conchifera (Lowe) — Zée bouclé d'Amérique
Inhabituelle; migratrice; zone tempérée; pélagique

Ordre des Gasterosteiformes

Famille des Gasterosteidae — Épinoches

Apeltes quadracus (Mitchill) — Épinoche à quatre épines
Commune; résidante; pélagique
Gasterosteus aculeatus Linné — Épinoche à trois épines
Commune; résidante; euryhaline; pélagique
Gasterosteus wheatlandi Putman — Épinoche tachetée
Commune; résidante; pélagique
Pungitius pungitius (Linné) — Épinoche à neuf épines
Commune; résidante; euryhaline; pélagique

Famille des Syngnathidae — Syngnathes

Synghathus fuscus Storer — Syngnathe brun
Inhabituelle; résidante; benthique

Ordre des Perciformes

Famille des Percichthyidae — Bars

Morone americana (Gmelin) — Baret
Commune; résidante; côtière; estuarienne
Morone saxatilis (Walbaum) — Bar rayé
Occasionnelle; migratrice; zone tempérée; pélagique

Famille des Serranidae — Serrans

Centropristis striata (Linné) — Mérou noir
Rare; migratrice; zone tempérée; pélagique

Famille des Sparidae — Spares

Stenotomus chrysops (Linné) — Spare doré
Rare; migratrice; zone tempérée; pélagique

Famille des Labridae — Labres

Tautoga onitis (Linné) — Tautogue noir
Rare; migratrice; zone tempérée; pélagique
Tautogolabrus adspersus (Walbaum) — Tanche-tautogue
Inhabituelle; résidante; pélagique

Famille des Stichaeidae — Stichées

Lumpenus lumpretaeformis (Walbaum) — Lompénie-serpent
Commune; résidante; benthique;
Lumpenus maculatus (Fries) — Lompénie tachetée
Commune; résidante; benthique;
Ulvaria subbifurcata (Storer) — Ulvaire deux-lignes
Occasionnelle; résidante; benthique

Famille des Pholidae — Sigouines

Pholis gunnellus (Linné) — Sigouine de roche
Commune; résidante; benthique

Famille des Anarhichadidae — Poissons-loups

Anarhichas lupus (Linné) — Loup atlantique
Commune; résidante; benthique
Anarhichas minor (Olafsen) — Loup tacheté
Rare; migratrice; arctique; benthique

Famille des Cryptacanthodidae — Terrassiers

Cryptacanthodes maculatus Storer — Terrassier tacheté
Inhabituelle; résidante; benthique

Famille des Ammodytidae — Lançons

Ammodytes sp. — Lançon
Rare; résidante; benthique

Famille des Scombridae — Maquereaux

Sarda sarda (Bloch) — Bonite à dos rayé
Rare; migratrice; zone tempérée; pélagique
Scomber scombrus Linné — Maquereau bleu
Occasionnelle; migratrice; zone tempérée; pélagique
Thunnus thynnus (Linné) — Thon rouge
Rare; migratrice; zone tempérée; pélagique

Famille des Stromateidae — Stromatées

Peprilus triacanthus (Peck) — Stromatée à fossettes
Occasionnelle; résidante; pélagique

Famille des Scorpaenidae — Rascasses

Sebastes sp. — Sébaste
Commune; résidante; benthique

Famille des Triglidae — Trigles

Prionotus carolinus (Linné) — Prionote du nord
Rare; migratrice; zone tempérée; benthique
Prionotus evolans (Linné) — Prionote strié
Rare; migratrice; zone tempérée; benthique

Famille des Cottidae — Chabots

Artediellus uncinatus (Reinhardt) — Crochet arctique
Occasionnelle; résidante; benthique
Gymnocanthus tricuspis (Reinhardt) — Tricorne arctique
Rare; migratrice; arctique; benthique
Hemitripterus americanus (Gmelin) — Hémitriptère atlantique
Commune; résidante; benthopélagique
Icelus spatula Gilbert et Burke — Icèle spatulée
Rare; migratrice; arctique; benthique
Mioxocephalus aeneus (Mitchill) — Chaboisseau bronzé
Commune; résidante; benthique
Myoxocephalus octodecemspinosus (Mitchill) — Chaboisseau à dix-huit épines
Commune; résidante; benthique
Myoxocephalus scorpius (Linné) — Chaboisseau à épines courtes
Commune; résidante; benthique
Triglops murrayi Gunther — Faux-trigle maillé
Commune; résidante; benthique

Famille des Agonidae — Agones

Aspidophoroides monopterygius (Bloch) — Poisson-alligator
Commune; résidante; benthique

Famille des Cyclopteridae — Poules de mer et Limaces

Cyclopterus lumpus Linné — Grosse Poule de mer
Commune; résidante; benthique
Eumicrotremus spinosus (Müller) — Petite Poule de mer atlantique
Rare; migratrice; arctique; benthique
Liparis atlanticus (Jordan et Evermann) — Limace atlantique
Inhabituelle; résidante; benthique
Liparis inquilinus Able — Limace des pectens
Inhabituelle; résidante; benthique

Ordre des PLEURONECTIFORMES

Famille des Bothidae — Turbots

Paralichthys dentanus (Linné) — Cardeau d'été
Rare; migratrice; zone tempérée; benthique
Paralichthys oblongus (Mitchill) — Cardeau à quatre ocelles
Rare; migratrice; zone tempérée; benthique
Scophthalmus aquosus (Mitchill) — Turbot de sable
Commune; résidante; benthique

Famille des Pleuronectidae — Plies

Glyptocephalus cynoglossus (Linné) — Plie grise
Commune; résidante; benthique
Hippoglossoides platessoides (Fabricius) — Plie canadienne
Commune; résidante; benthique
Hippoglossus hippoglossus (Linné) — Flétan atlantique
Commune; résidante; benthopélagique
Limanda ferruginea (Storer) — Limande à queue jaune
Commune; résidante; benthique
Liopsetta putnami (Gill) — Plie lisse
Occasionnelle; résidante; estuarienne; benthique
Pseudopleuronectes americanus (Walbaum) — Plie rouge
Commune; résidante; benthique
Reinhardtius hippoglossoides (Walbaum) — Flétan du Groenland
Rare; résidante; benthique

Ordre des TETRAODONTIFORMES

Famille des Balistidae — Balistes

Monacanthus hispidus (Linné) — Lime à grande tête
Rare; migratrice; zone tempérée; pélagique

Famille des Tetraodontidae

Sphoeroides maculatus (Block et Schneider) — Sphéroïde du nord
Rare; migratrice; zone tempérée; pélagique

Famille des Molidae — Môles

Mola mola (Linné) — Môle commun
Inhabituelle; migratrice; zone tempérée; pélagique

Clés des poissons de la région

Les clés doivent aider à identifier les espèces les plus communes, et elles se composent d'une série de couples de descriptions, chaque couple étant numéroté dans la marge de gauche. Pour utiliser la clé, comparer les caractères du spécimen avec la première description. Si cette description est valable, suivre l'indication donnée à sa suite, qui sera soit un nom, soit le numéro du couple suivant. Si la description ne correspond pas, passer au deuxième élément du couple. Continuer jusqu'à l'identification du spécimen.

Un astérisque à la suite du nom de la famille indique la présence dans les pages suivantes d'une clé supplémentaire permettant d'identifier ses membres.

CLÉ des CLASSES et des ORDRES de poissons

1 Mâchoires absentes; nageoires sans rayons, nageoires paires absentes; corps allongé et serpentiforme; peau lisse, avec une ou sept paires d'ouvertures branchiales ressemblant à des pores; une seule narine médiane; taille pouvant atteindre 75 cm (30 pouces) ..... Myxines et Lamproies, classe des AGNATHES*

Mâchoires articulées présentes, mâchoire inférieure mobile; présence typique de nageoires paires pectorales et pelviennes 2

2 Ouvertures branchiales ressemblant à des fentes, 5 paires, soit sur les côtés, soit sur la face ventrale du corps; corps fusiforme (Requins) ou aplati (Raies); peau plus ou moins rugueuse avec épines petites ou grosses, ou les deux à la fois, jamais d'écailles imbriquées ..... Requins et Raies, classe des CHONDRICHTHYENS 3

Une ouverture branchiale de chaque côté, fermée par une plaque osseuse (opercule); corps fusiforme; peau habituellement couverte d'écailles imbriquées, mais parfois nue ou couverte de plaques; nageoires avec rayons;squelette ossifié (sauf chez les Esturgeons) ..... Poissons osseux, classe des OSTEICHTHYENS*

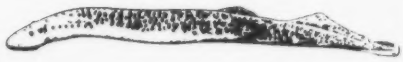
3 Corps fusiforme (c'est-à-dire en forme de fuseau ou ressemblant à celui des Requins); ouvertures branchiales des deux côtés du corps; nageoire caudale distincte et hétérocerque; dents habituellement acérées et fortes ..... Requins, ordre des PLEUROTRÈMES*

Corps aplati dorso-ventralement, avec ouvertures branchiales sur la face ventrale; nageoires pectorales larges et en forme d'ailes, attachées sur toute la longeur de la tête et du corps; queue en forme de fouet ..... Raies, ordre des HYPOTRÈMES*

CLÉ des MYXINES et des LAMPROIES — Classe des AGNATHES

Trois paires de tentacules ressemblant à des barbillons autour de la bouche et des narines; une ouverture branchiale de chaque côté, loin derrière la tête; bouche non cupuliforme ... . Myxine du nord, *Myxine glutinosa*

Pas de barbillons sur la tête; 7 ouvertures branchiales distinctes de chaque côté, derrière la tête; bouche cupuliforme et armée de dents cornées (chez les adultes) .... Grande Lamproie marine, *Petromyzon marinus*



CLÉ des REQUINS — Ordre des PLEUROTRÈMES (Squaliformes)

1 Nageoire anale absente .... Aiguillat commun, *Squalus acanthias*

Nageoire anale présente 2

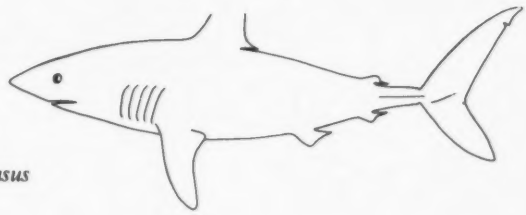
2 Lobe dorsal de la nageoire caudale très agrandi, aussi long que la tête et le corps réunis .... Renard marin, *Alopias vulpinus*

Lobe dorsal de la nageoire caudale à peu près égal au lobe inférieur, ou seulement 2 ou 3 fois plus grand 3

3 Ouvertures ou fentes branchiales très agrandies, la première paire se rejoignant presque au niveau de la gorge, et toutes les 5 semblant presque séparer la tête du corps; dents minuscules et nombreuses; carènes latérales bien développées sur le pédoncule caudal .... Pèlerin, *Cetorhinus maximus*

Fentes branchiales de taille modérée, ne s'étendant pas sur le pourtour du corps; dents non pas minuscules mais bien développées; pédoncule caudal et nageoire caudale portant au moins une carène latérale distincte 4

4 Une deuxième carène latérale plus petite sous la carène principale, sur le lobe inférieur de la nageoire caudale; dents minces, pointues, à bords lisses, chaque dent portant, près de la base, de chaque côté, une petite pointe acérée ..... Maraîche, *Lamna nasus*



Pas de carène secondaire au-dessous de la première; dents larges et triangulaires, marges fortement serratulées, formant des arêtes coupantes .... Grand Requin blanc, *Carcharodon carcharias*

CLÉ des RAIES — Ordre des HYPOTRÈMES (Rajiformes)

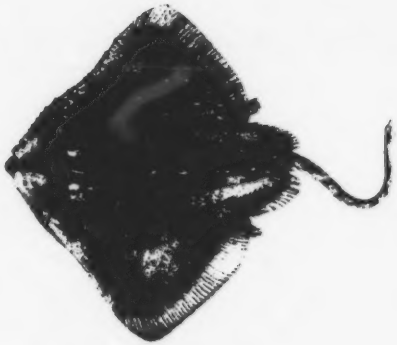
1 Profil antérieur du museau habituellement pointu, et formant un angle de moins de 90°; nageoires dorsales habituellement séparées à la base; surface inférieure tachetée avec pigmentation autour des pores muqueux ....:..... Grande Raie, *Raja laevis*

Profil antérieur du museau obtus ou peu pointu, formant un angle habituellement de plus de 90°; nageoires dorsales parfois réunies à la base; surface inférieure blanche, non pigmentée 2

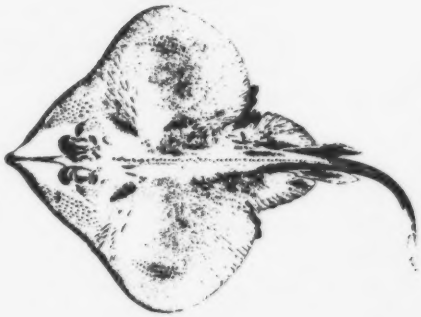
2 Raies mesurant 30 cm (12 pouces) ou plus de longueur, portant une rangée d'épines distinctes le long de la ligne médiane du corps et de la queue (les jeunes raies de nombreuses espèces, jusqu'à une longueur d'environ 30 cm (12 pouces), possèdent une rangée d'épines); 36 à 46 rangées de dents à la mâchoire supérieure 3

Raies mesurant 30 cm ou plus de longueur et ne possédant pas de rangée distincte d'épines le long de la ligne médiane du corps et de la queue; 38 à 110 rangées de dents à la mâchoire supérieure 4

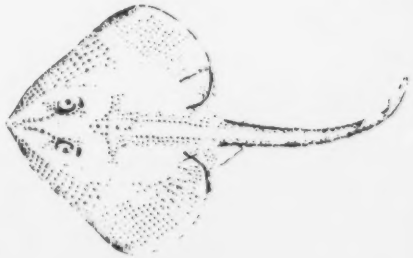
3 Grandes épines le long de la ligne médiane du corps et de la queue, pas plus de 10 épines postérieurement aux aisselles des nageoires pelviennes, disposées sur toute la longueur de la queue, sans diminuer de taille; corps portant de grosses épines bien visibles .... Raie épineuse, *Raja radiata*



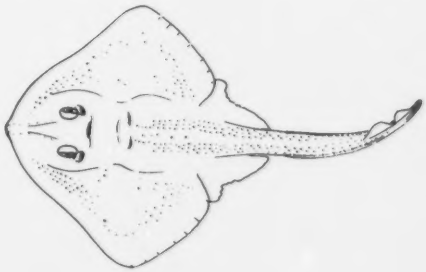
Petites épines disposées le long de la ligne médiane du corps, diminuant de taille à la partie postérieure, devenant indistinctes dans la moitié postérieure du corps; corps portant principalement de petites épines indistinctes (les jeunes portent une ou deux barres transversales pâles, évidentes, sur la queue près de sa base) ..... Raie lisse, *Raja senta*



4 Trente-huit à soixante-quatre rangées de dents à la mâchoire supérieure; les mâles portent des épines alaires; longueur de la queue supérieure à 12 fois la distance entre les orbites; profil de la bouche fortement arqué; taille maximum 60 cm (24 pouces) .... Raie hérisson, *Raja erinacea*



Soixante-douze à cent rangées de dents à la mâchoire supérieure; mâles ne portant pas d'épines alaires; longueur de la queue inférieure à 12 fois la distance entre les orbites; profil de la bouche légèrement arqué; taille maximum 110 cm (43 pouces) .... Raie tachetée, *Raja ocellata*



CLÉ des familles de POISSONS OSSEUX — Classe des OSTEICHTHYENS

1 Nageoire caudale hétérocerque (comme celle des requins); 5 rangées longitudinales de plaques osseuses le long du corps; squelette cartilagineux; bouche infère, précédée de 4 barbillons .... Esturgeons, famille des Acipenseridae

Nageoire caudale homocerque, lorsqu'elle est présente 2

2 Corps très comprimé latéralement et asymétrique, les deux yeux du même côté .....
..... Poissons plats, famille des Bothidae et des Pleuronectidae*

Forme du corps variable mais symétrique, habituellement classique; un oeil de chaque côté de la tête 3

3 Premier rayon épineux de la nageoire dorsale allongé et situé sur la tête, modifié pour former un illicium ou leurre de pêche mobile (Baudroies) ou autrement modifié; nageoire pectorale habituellement pédonculée et ressemblant à un membre; corps plutôt aplati dorso-ventralement .....
..... Baudroies, famille des Lophiidae

Premier rayon épineux de la nageoire dorsale non placé à l'avant et non modifié en forme d'illicium; corps non aplati dorso-ventralement 4

4 Nageoires pelviennes présentes (parfois réduites à quelques épines rudimentaires) 5

Nageoires pelviennes absentes 21

5 Nageoire adipeuse présente; nageoires pelviennes habituellement abdominales 6

Nageoire adipeuse absente; nageoires pelviennes abdominales, thoraciques ou jugulaires 7

6 Procès axillaire pelvien bien développé .....
..... Saumons et Truites, famille des Salmonidae*

Procès axillaire pelvien absent ..... Éperlans, famille des Osmeridae*

7 Nageoires pelviennes abdominales; nageoires à rayons mous, sans épines raides ni pointues ... 8

Nageoires pelviennes thoraciques ou jugulaires; nageoires avec ou sans épines 9

8 Nageoire caudale fourchue, procès axillaire pelvien présent, poissons argentés de taille moyenne (75 cm, 30 pouces) ..... Harengs, famille des Clupeidae*

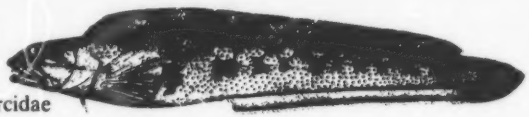
Nageoire caudale arrondie ou carrée; procès axillaire pelvien absent; poissons de petite taille (12 à 15 cm – 5 à 6 pouces) .....
..... Menés d'eau saumâtre, famille des Cyprinodontidae

9 Nageoires à rayons mous, sans épines ni rayons durs; pas d'épines sur la tête 10

Épines raides ou rayons ramifiés ressemblant à des épines aux nageoires dorsales, anales ou pelviennes; parfois épines raides sur la tête et les opercules branchiaux 11

10 Nageoires dorsales et anales distinctes de la nageoire caudale; nageoires dorsales habituellement au nombre de 2 ou 3 (seul *Brosme* n'en a qu'une); une ou deux nageoires anales; barbillon au menton habituellement présent ..... Morues, famille des Gadidae*

Nageoires dorsale et anale longues et continues, rejoignant la nageoire caudale, qui n'est pas séparée; corps allongé ..... Lycodes, famille des Zoarcidae



11 Pas de nageoire caudale distincte, corps allongé se terminant en pointe; bouche infère et museau nettement proéminent ..... Grenadiers, famille des Macrouridae

Présence d'une nageoire caudale distincte et bien formée 12

12 Série de petites nageoires dorsales et anales, derrière les nageoires dorsale et anale ..... Maquereaux et Thons, famille des Scombridae

Pas de petites nageoires dorsales ni anales 13

13 Nageoire dorsale molle précédée par quelques épines pointues séparées; nageoire pelvienne réduite à une épine et 0 à 2 rayons peu visibles; petits poissons ..... Épinoches, famille des Gasterosteidae*

Nageoire dorsale molle non précédée par des épines pointues et séparées; nageoire pelvienne non réduite à une seule épine 14

14 Corps entièrement couvert de rangées de plaques dures qui se chevauchent; petits poissons minces ..... Agones, famille des Agonidae

Corps couvert d'écailles, nu, ou portant des excroissances; poissons à rayons épineux de taille et de forme diverses 15

15 Rayons de la nageoire anale mous et flexibles, non précédés par des épines courtes et raides; habituellement 3 rayons à la nageoire pelvienne; corps habituellement en forme de têtard ..... Cottes et Chaboisseaux, famille des Cottidae*

Nageoire anale précédée de 1 à 4 épines raides, nageoire pelvienne portant habituellement une épine et 1 à 5 rayons mous; corps de forme variable, mais non en forme de têtard 16

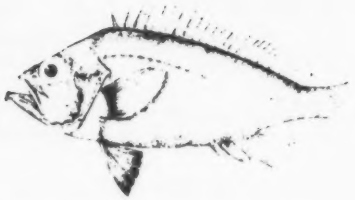
16 Nageoire pelvienne avec une épine et 5 rayons mous; corps quelque peu comprimé latéralement 17

Nageoire pelvienne réduite à une épine et 1 à 3 rayons mous 20

17 Première nageoire dorsale petite, à 4 épines, séparée de la seconde dorsale molle par un espace égal à la longueur de sa propre base; nageoire anale précédée par une seule épine mince; petits poissons minces ..... Capucettes, famille des Atherinidae

Première nageoire dorsale jointe à la seconde dorsale molle ou séparée d'elle par un espace étroit 18

18 Tête épineuse, portant 4 ou 5 épines à la marge postérieure du préopercule; la partie épineuse et la partie à rayons mous de la nageoire dorsale sont rattachées; nageoires pelviennes insérées juste au-dessous des nageoires pectorales ..... Rascasses, famille des Scorpaenidae



Tête non épineuse; nageoires dorsales épineuse et à rayons mous séparées ou jointes; nageoires pelviennes insérées postérieurement à la nageoire pectorale 19

19 Partie épineuse et partie à rayons mous de la nageoire dorsale séparées par un sillon étroit et formant 2 nageoires distinctes; incisives inférieures non proéminentes ..... Bars, famille des Percichtyidae*

Partie épineuse et partie à rayons mous de la nageoire dorsale rattachées; incisives inférieures quelque peu proéminentes ..... Labres, famille des Labridae

20 Nageoire pelvienne d'ordinaire moyennement développée mais composée de quelques rayons, et nageoire placée en avant de la nageoire pectorale ..... Stichées, famille des Stichaeidae*

Nageoire pelvienne très réduite, composée seulement d'une épine et d'un rayon mou, située au-dessous ou derrière la base de la nageoire pectorale ..... Sigouines, famille des Pholidae

21 Ventouse bien développée sur la poitrine, formée par modification des nageoires pelviennes ..... Poules de mer et Limaces, famille des Cyclopteridae*

Pas de ventouse sur la poitrine 22

22 Corps couvert de plaques osseuses, formant une série de crêtes; bouche petite, placée au bout d'un museau allongé ..... Hippocampes et Syngnathes, famille des Syngnathidae

Corps non couvert de plaques osseuses, corps sans écailles ou avec de petites écailles peu remarquables 23

23 Nageoire dorsale commençant à la partie postérieure de la tête, en avant des nageoires pectorales ..... Poissons-loups, famille des Anarhichadidae

Nageoire dorsale commençant sur le dos, derrière le début de la nageoire pectorale 24

24 Nageoire dorsale ne se prolongeant pas par la nageoire caudale, nageoire caudale fourchue; petits poissons, mesurant habituellement moins de 25 cm 25

Nageoire dorsale se prolongeant par la nageoire caudale, nageoire caudale arrondie ou pointue; poissons allongés, mesurant 60 cm ou plus 26

25 Poissons allongés, en forme de lance, avec un museau pointu et une mâchoire inférieure proéminente, petite crête charnue au-dessus de la ligne ventrale ..... Lançons, famille des Ammodytidae

Corps haut et comprimé latéralement, forme ovale sur le côté, museau arrondi et mâchoire inférieure non proéminente ..... Stromatées, famille des Stromateidae

26 Corps et tête sans taches; ouverture branchiale restreinte, ne dépassant pas la base de la nageoire pectorale; bouche horizontale ..... Anguilles d'eau douce, famille des Anguillidae

Corps et tête nettement tachetés de petits points bruns; ouverture branchiale non limitée, s'étendant bien au-dessus de la base de la nageoire pectorale; bouche formant un angle oblique ..... Terrassiers, famille des Cryptacanthodidae

CLÉ des HARENGS — Famille des Clupeidae

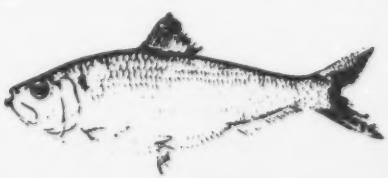
1 Profil ventral non nettement serratulé mais à bord effilé .....
Hareng de l'Atlantique, *Clupea harengus harengus*

Profil ventral nettement et fortement serratulé 2

2 Mâchoire inférieure s'ajustant dans une encoche de la mâchoire supérieure lorsque la bouche est fermée; plus de 55 branchiospines ..... Alose savoureuse, *Alosa sapidissima*

Mâchoire inférieure proéminente; moins de 55 branchiospines 3

3 Péritoine argenté; diamètre de l'oeil habituellement supérieur à la longueur du museau ..... Gaspareau, *Alosa pseudoharengus*



Péritoine fuligineux ou noir; diamètre de l'oeil habituellement égal à la longueur du museau ..... Alose d'été, *Alosa aestivalis*

CLÉ des SAUMONS et des TRUITES — Famille des Salmonidae

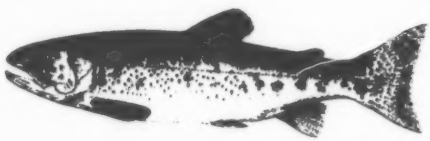
1 Taches claires sur le corps, qui peuvent être rouges, roses ou rouille mais non noires; coloration d'ensemble argentée en mer; écailles présentes mais peu visibles; nageoires inférieures avec bordure blanche; nageoire caudale carrée ou presque ..... Omble de fontaine, *Salvelinus fontinalis*

Taches noires sur la tête et (ou) sur le corps; coloration d'ensemble argentée en mer; écailles visibles; nageoires inférieures sans bordure blanche 2

2 Rayons principaux de la nageoire anale au nombre de 7 à 12 3

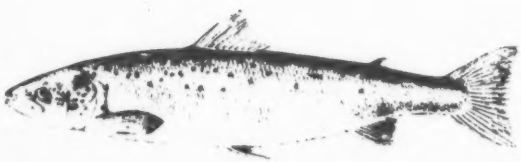
Rayons principaux de la nageoire anale au nombre de 13 à 19 (habituellement 14 à 16) ..... Saumons du Pacifique, *Oncorhynchus* sp.

3 Nageoire caudale d'ordinaire nettement marquée de rangées de taches noires rayonnantes; jamais de points rouges, mais les mâles en période de fraye peuvent avoir une coloration rouge sur les flancs; nageoire adipeuse portant souvent une marge noire; opercule branchial habituellement sans taches ..... Truite arc-en-ciel, *Salmo gairdneri*



Nageoire caudale sans rangées de taches noires; présence possible de taches rouges ou rouille sur les flancs, particulièrement chez les jeunes; opercule branchial habituellement couvert de taches; les taches sont souvent masquées par la livrée argentée en mer 4

4 Extrémité du maxillaire atteignant le centre de l'oeil chez les poissons de 6 pouces, dépassant rarement l'oeil, sauf chez les gros mâles; rayons branchiostèges ordinairement au nombre de 12; rayons de la nageoire dorsale habituellement au nombre de 11; dents vomériennes peu développées; opercule branchial portant quelques grosses taches; les petits poissons portent des points rouges entre leurs marques de tacons ..... Saumon de l'Atlantique, *Salmo salar*



Extrémité du maxillaire atteignant la dernière moitié de l'oeil chez les poissons de 5 pouces, et la dépassant nettement chez les sujets de plus grande taille; rayons branchiostèges habituellement au nombre de 10; rayons de la nageoire dorsale habituellement au nombre de 9; dents vomériennes bien développées; opercule branchial portant de nombreuses taches; des taches rouille ou rouges parfois sur les adultes et souvent sur la marge de la grosse nageoire adipeuse ..... Truite brune, *Salmo trutta*

CLÉ des ÉPERLANS — Famille des Osmeridae

Dents ressemblant à des crocs, bien développées, sur les mâchoires et particulièrement sur la langue; base de la nageoire adipeuse inférieure au diamètre de l'oeil ..... Éperlan arc-en-ciel, *Osmerus mordax*

Dents peu robustes sur les mâchoires et la langue; base de la nageoire adipeuse supérieure au diamètre de l'oeil ..... Capelan, *Mallotus villosus*

CLÉ des MORUES — Famille des Gadidae

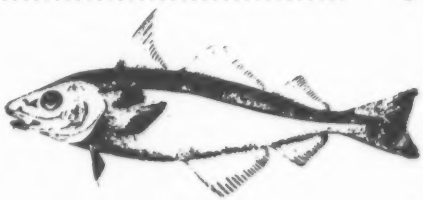
1 Une nageoire dorsale et une nageoire anale seulement, reliées à la caudale et séparées seulement par une encoche; nageoires médianes sombres près de la marge, avec une bordure blanche ..... Brosme, *Brosme brosme*

Deux ou trois nageoires dorsales; une ou deux nageoires anales 2

2 Trois nageoires dorsales séparées; 2 nageoires anales 3

Deux nageoires dorsales séparées (la première peut être réduite à une courte base); une nageoire anale 6

3 Ligne latérale noire; tache noire sur le côté, au-dessus de la nageoire pectorale (« épaule ») ..... Aiglefin, *Melanogrammus aeglefinus*

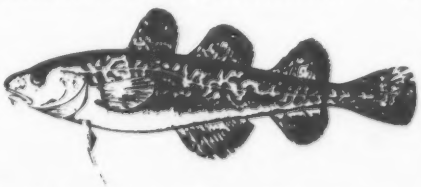


Ligne latérale pâle; pas de tache noire sur l'épaule 4

4 Mâchoire inférieure dépassant la mâchoire supérieure; minuscule barbillon au menton ..... Goberge, *Pollachius virens*

Mâchoire supérieure dépassant la mâchoire inférieure; barbillon du menton apparent, et non minuscule 5

5 Nageoires pelviennes avec le second rayon qui s'allonge comme une antenne filamenteuse aussi longue que le reste de la nageoire; nageoire caudale arrondie à la partie postérieure ..... Poulamon atlantique, *Microgadus tomcod*



Nageoires pelviennes dont le second rayon se prolonge de moins d'un tiers de la longueur du reste de la nageoire; nageoire caudale légèrement concave à la partie postérieure ..... Morue franche, *Gadus morhua*

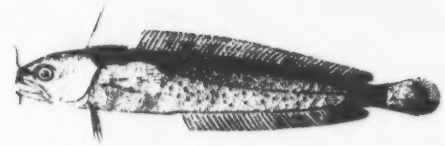
6 Nageoires pelviennes composées seulement de 2 rayons allongés ressemblant à des antennes, le plus long pouvant atteindre ou dépasser l'anus 7

Nageoires pelviennes petites mais sans rayon prolongé 8

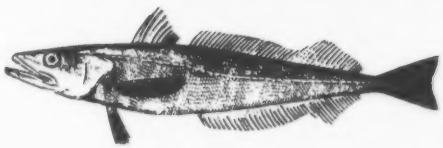
7 Écailles de grande taille, 98 à 117, en séries latérales; 3 branchiospines sur la partie supérieure de l'arc branchial; taille maximum d'environ 55 cm; coloration brun rougeâtre ..... Merluche rouge, *Urophycis chuss*

Écailles plus petites, 119 à 148, en séries latérales; 2 branchiospines sur la partie supérieure de l'arc branchial; taille maximum d'environ 125 cm; coloration brun gris ..... Merluche blanche, *Urophycis tenuis*

8 Trois barbillons au museau, un devant chaque narine et l'autre au milieu; présence d'un barbillon au menton; taches noires à l'extrémité postérieure des nageoires dorsale et anale; bouche et dents de taille modérée .....
Motelle à quatre barbillons, *Enchelyopus cimbrius*



Pas de barbillon sur le museau ni au menton, ni de taches noires sur les nageoires; bouche et dents de grande taille .....
..... Merlu argenté, *Merluccius bilinearis*

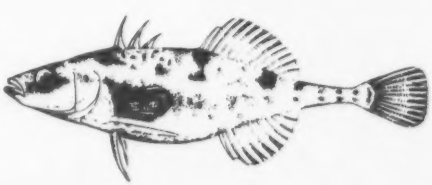


CLÉ des ÉPINOCHES — Famille des Gasterosteidae

1 Épines dorsales habituellement au nombre de 9 (7 à 12), courtes et inclinées alternativement à gauche et à droite; membranes branchiales entièrement dégagées de l'isthme; plaque ventrale médiane présente; pas de plaques osseuses sur les côtés .....
..... Épinoche à neuf épines, *Pungitius pungitius*

Épines dorsales au nombre de 3 à 6; membrane branchiale unie à l'isthme; plaques osseuses ordinairement présentes le long des flancs et entre les nageoires pelviennes (sauf chez *A. quadracus*) 2

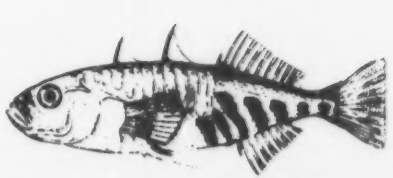
2 Épines dorsales au nombre de 4 ou 5 (rarement 6), la dernière étant attachée à la nageoire dorsale molle, épines inclinées alternativement à gauche et à droite; étai osseux dirigé postérieurement à partir de la base de chaque nageoire pelvienne; pas de plaque ventrale médiane .....
..... Épinoche à quatre épines, *Apeltes quadracus*



Épines dorsales au nombre de 3 (rarement 4), dernière épine non attachée à la dorsale molle, toutes les épines en ligne; forte plaque ventrale médiane s'étendant postérieurement à la base des pelviennes 3

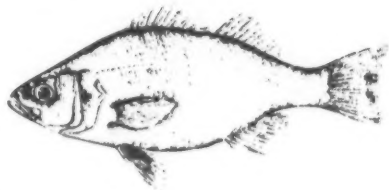
3 Épines dorsales au nombre de 3 (rarement 4), dernière épine courte; nageoire pelvienne composée d'une épine et d'un rayon mou, épine avec une pointe à sa base; pédoncule caudal portant une carène; corps sans taches noires et rondes; en vie, poisson vert, bleu ou argent .....
... Épinoche à trois épines, *Gasterosteus aculeatus*

Épines dorsales au nombre de 3 (rarement 2); nageoire pelvienne composée d'une épine et de deux rayons mous, l'épine portant deux pointes bien développées à sa base; pédoncule caudal sans carène; de nombreuses taches noires et rondes sur les flancs; en vie, couleur jaune citron .....
..... Épinoche tachetée, *Gasterosteus wheatlandi*



CLÉ des BARS — Famille des Percichthyidae

Rayons de la nageoire anale habituellement au nombre de 9; épines de la nageoire anale non disposées par ordre, robustes, la plus longue mesurant au moins 3/4 de la longueur de la nageoire; corps sans bandes longitudinales ..... Baret, *Morone americana*



Rayons de la nageoire anale habituellement au nombre de 11; épines de la nageoire anale disposées par ordre de taille, minces, la plus longue inférieure à la moitié de la hauteur de la nageoire; corps portant environ 7 bandes longitudinales sur les flancs ..... Bar d'Amérique, *Morone saxatilis*

CLÉ des STICHÉES — Famille des Stichaeidae

1 Tache noire oblongue placée antérieurement sur la nageoire dorsale (environ de la 5e à la 10e épine); bande noire s'étendant vers le bas et l'arrière à partir de l'oeil; une ligne latérale complète au milieu du flanc, une autre incomplète se terminant au-dessus ou au-delà de l'extrémité de la nageoire pectorale ..... Ulvaire deux-lignes, *Ulvaria subbifurcata*

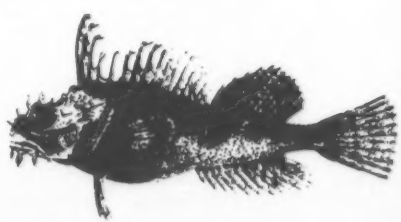
Pas de tache marquée de la 5e à la 10e épine de la nageoire dorsale, ni de bande noire près de l'oeil; une ligne latérale peu visible 2

2 Rayons inférieurs des nageoires pectorales allongés, sans membrane et ressemblant presque à des doigts; nageoire caudale carrée à sa partie postérieure ..... Lompénie tachetée, *Lumpenus maculatus*

Rayons inférieurs des nageoires pectorales non allongés; nageoire caudale avec une pointe à l'arrière ..... Lompénie-serpent, *Lumpenus lumpretaeformis*

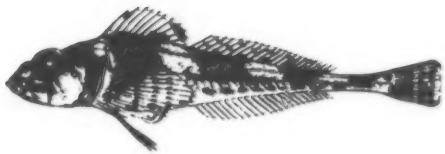
CLÉ des COTTES et CHABOISSEAUX — Famille des Cottidae

1 Tête et menton portant des excroissances charnues; peau sur le corps et la tête rugueuse ..... Hémitriptère atlantique, *Hemitripterus americanus*



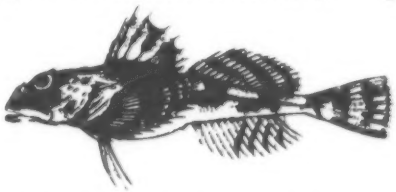
Tête et menton sans excroissances charnues; peau surtout lisse ou épineuse 2

2 Ligne latérale armée de rangées de plaques, chacune portant des épines dirigées vers l'arrière; zone au-dessous de la ligne latérale portant des plis disposés en rangées obliques; épines de l'opercule et de la tête peu développées ..... Faux-trigle armé, *Triglops murrayi*



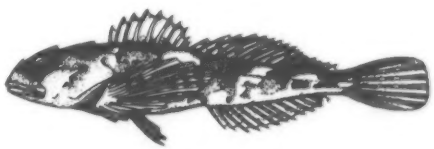
Ligne latérale non armée de rangées de plaques, zone au-dessous de la ligne latérale non plissée; épines de l'opercule et de la tête ordinairement bien développées 3

3 Épine préoperculaire supérieure longue, environ 4 fois autant que celle qui se trouve au-dessous; toutes les épines de la tête acérées ..... Chaboisseau à dix-huit épines, *Myoxocephalus octodecemspinosus*



Épine préoperculaire supérieure pas particulièrement longue, au plus deux fois plus longue que l'épine qui se trouve au-dessous 4

4 Rayons de la deuxième nageoire dorsale au nombre de 13 à 14; rayons de la nageoire anale au nombre de 10 à 11; épines dorsales raides; longueur rarement supérieure à 15 cm (6 pouces) ..... Chaboisseau bronzé, *Myoxocephalus aeneus*

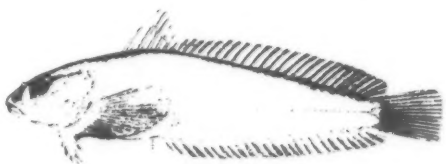


Rayons de la deuxième nageoire dorsale au nombre de 15 à 19; rayons de la nageoire anale au nombre de 12 à 16; épines dorsales flexibles; longueur pouvant aller jusqu'à 50 cm (20 pouces) et plus ..... Chaboisseau à épines courtes, *Myoxocephalus scorpius*

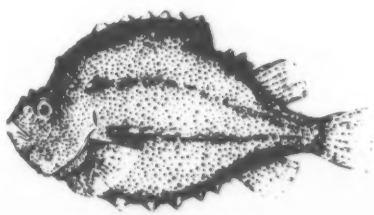
CLÉ des POULES DE MER et des LIMACES — Famille des Cyclopteridae

1 Peau portant des tubercules coniques; nageoires dorsale et anale courtes et en position postérieure et nettement séparées de la nageoire caudale; rayons inférieurs de la nageoire pectorale non prolongés 2

Peau lisse, sans tubercule; nageoires anale et dorsale longues et rejoignant la nageoire caudale; rayons inférieurs de la nageoire pectorale prolongés, constituant un lobe secondaire pour la nageoire ..... Limaces, *Liparis* sp.



2 Ouvertures branchiales larges, s'étendant jusqu'en dessous du sommet de la base de la nageoire pectorale ..... Grosse Poule de mer, *Cyclopterus lumpus*



Ouvertures branchiales petites, ne s'étendant pas vers le bas jusqu'à la base de la nageoire pectorale ..... Petite Poule de mer atlantique, *Eumicrotremus spinosus*

CLÉ des POISSONS PLATS — Familles des Pleuronectidae et des Bothidae

1 Yeux et pigmentation sur le côté droit 2

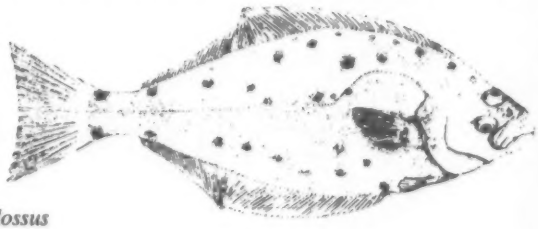
Yeux et pigmentation sur le côté gauche 8

2 Bouche grande, maxillaire se prolongeant jusque sous le milieu de l'oeil ou au-delà; dents bien développées 3

Bouche petite, maxillaire se prolongeant tout au plus jusque sous le devant de l'oeil 5

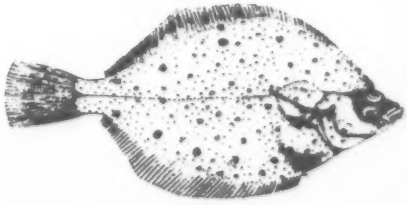
3 Nageoire caudale nettement arrondie; ligne latérale presque droite mais légèrement arquée au-dessus des nageoires pectorales; 75 à 96 rayons à la nageoire dorsale; corps de couleur brun rougeâtre .....
..... Plie canadienne, *Hippoglossoides platessoides*

Nageoire caudale légèrement échancrée, non pas arrondie, avec des côtés anguleux; 98 à 105 rayons à la nageoire dorsale; corps de couleur brun gris ou allant du brun foncé à l'olive .. 4



4 Ligne latérale arquée au-dessus de la nageoire pectorale; de 98 à 105 rayons à la nageoire dorsale; dessus du corps de couleur foncée et tacheté, dessous nettement blanc .....
..... Flétan atlantique, *Hippoglossus hippoglossus*

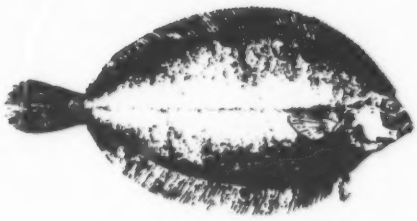
Ligne latérale droite, même légèrement infléchie au-dessus de la nageoire pectorale; environ 100 rayons à la nageoire dorsale; dessus du corps brun grisâtre; dessous tirant sur le crème mais non pas blanc ..... Flétan du Groenland, *Reinhardtius hippoglossoides*



5 Ligne latérale nettement arquée au-dessus de la nageoire pectorale; nageoire anale précédée d'une courte épine dirigée vers l'avant; corps ordinairement tacheté .....
..... Limande à queue jaune, *Limanda ferruginea*

Ligne latérale plus ou moins droite 6

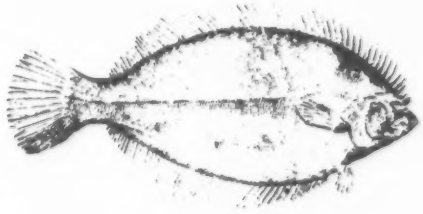
6 Côté inférieur ou aveugle de la tête portant des dépressions circulaires ou « fossés »; extrémité de la nageoire pectorale droite nettement pigmentée de noir, caractéristique visible chez les poissons mesurant 5 pouces de longueur et plus; plus de 100 rayons à la nageoire dorsale ..... Plie grise, *Glyptocephalus cynoglossus*



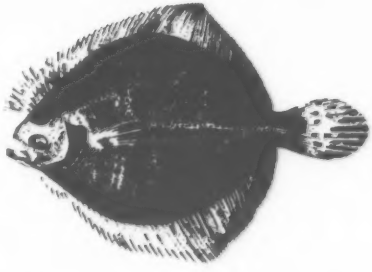
Pas de dépressions sur le côté inférieur ou aveugle de la tête; nageoire pectorale dépourvue de pigment noir; moins de 75 rayons à la nageoire dorsale 7

7 Région entre les yeux dépourvue d'écailles (lisse au toucher); 53 à 59 rayons à la nageoire dorsale; 35 à 41 rayons à la nageoire anale; corps de couleur uniformément brune à presque noire .... Plie lisse, *Liopsetta putnami*

Région entre les yeux garnie d'écailles (rêche au toucher); 60 à 76 rayons à la nageoire dorsale; 45 à 58 rayons à la nageoire anale; couleur du corps allant ordinairement du brun foncé au noir, avec taches ou mouchetures ..... Plie rouge, *Pseudopleuronectes americanus*



8 Corps très haut (et mince), profil presque circulaire; les 10 premiers rayons de la nageoire dorsale ressemblent à une frange, sont longs, ramifiés et dépourvus de membrane; nageoire pelvienne gauche très large à la base, semblant presque faire partie de la nageoire anale ... . Turbot de sable, *Scophthalmus aquosus*



Corps plus long que haut; rayons antérieurs de la nageoire dorsale ne ressemblant pas à une frange; nageoires pelviennes distinctes et à base étroite (*Paralichthys*) 9

9 Petits yeux, intervalle interorbitaire à peu près égal au diamètre de la pupille; de 16 à 24 branchiospines sur l'arc extérieur; taches noires de différentes tailles sur le côté pigmenté .... Cardeau d'été, *Paralichthys dentatus*

Grands yeux, intervalle interorbitaire beaucoup plus petit que le diamètre de la pupille; de 9 à 13 branchiospines sur l'arc extérieur; côté pigmenté ne portant que 4 taches noires bien visibles ..... Cardeau à quatre ocelles, *Paralichthys oblongus*

Références

BIGELOW, H.B. ET W.C. SCHROEDER. 1953. Fishes of the Gulf of Maine. US Fish Wildl. Serv. Fish. Bull. 74, vol. 53 : 1–577.

BOUSFIELD, E.L. 1960. Canadian Atlantic sea shells. Musées nationaux du Canada, Ottawa (Ont.). 72 p.

BOUSFIELD, E.L. ET M.L.H. THOMAS. 1975. Postglacial changes in distribution of littoral marine invertebrates in the Canadian Atlantic region. Proc. N.S. Inst. Sci. 27, suppl. 3 : 47–60.

BRIGGS, J.C. 1970. A faunal history of the north Atlantic Ocean. Syst. Zool. 19 : 19–34.

1974. Marine zoogeography. McGraw-Hill Book Comp., New York, NY. 475 p.

DURHAM, J.W. ET E.C. ALLISON. 1960. The geologic history of Baja California and its marine faunas. Symposium : the biogeography of Baja California and adjacent seas. Syst. Zool. 9 : 47–91.

EKMAN, S. 1953. Zoogeography of the sea. Sidgwick & Jackson, Londres. 417 p.

HUNTSMAN, A.G. 1922. The fishes of the Bay of Fundy. Contrib. Can. Biol., 1921, 3 : 49–72.

1952. The production of life in the Bay of Fundy. Trans. R. Soc. Can. 46 (ser. 3, sect. 5) : 15–38.

KENDALL, W.C. 1914. An annotated catalogue of the fishes of Maine. Proc. Portland Soc. Nat. Hist. 3 : 1–198.

LEIM, A.H. 1960. Records of uncommon fishes from waters off the Maritime Provinces of Canada. J. Fish. Res. Board Can. 17 : 731–733.

LEIM, A.H. ET L.R. DAY. 1959. Records of uncommon and unusual fishes from eastern Canadian waters, 1950–1958. J. Fish. Res. Board Can. 16 : 503–514.

LEIM, A.H. ET W.B. SCOTT. 1972. Poissons de la Côte Atlantique du Canada. Fish. Res. Board Can. Bull. 155 : 530 p.

LINKLETTER, I.E., E.I. LORD ET M.J. DADSWELL. 1977. A checklist of marine fauna and flora of the Bay of Fundy. Laboratoire maritime Huntsman, St. Andrews (N.-B.). 68 p.

LUBINSKY, I. 1980. Marine bivalve molluscs of the Canadian central and eastern Arctic : faunal composition and zoogeography. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 207 : 111 p.

MCPHAIL, J.D. 1963. Geographic variation in North American ninespine sticklebacks, *Pungitius pungitius*. J. Fish. Res. Board Can. 20 : 27–44.

SANDERS, H L. 1968. Marine benthic diversity : a comparative study. Am. Nat. 102 : 243–282.

SCATTERGOOD, L.W. 1948. Notes on some Gulf of Main fishes. Copeia 2 : 142–144.

1951. Notes on Gulf of Maine fishes in 1949. Copeia 4 : 297–298.

SCATTERGOOD, L.W. ET G.W. COFFIN. 1957. Records of some Gulf of Maine fishes. Copeia 2 : 155–156.

SCATTERGOOD, L.W. ET P.L. GOGGINS. 1958. Unusual records of Gulf of Maine fishes. Maine Field Nat. 14 : 40–43.

SCOTT, W.B. 1967. Freshwater fishes of eastern Canada. University of Toronto Press, Toronto (Ont.). 137 p.

SCOTT, W.B. ET E.J. CROSSMAN. 1959. The freshwater fishes of New Brunswick : a checklist with distributional notes. Contrib. Roy. Ont. Mus. Div. Zool. Palaeont. 51 : 37 p.

1974. Poissons d'eau douce du Canada. Fish. Res. Board Can. Bull. 184 : 966 p.

SVETOVIDOV, A.N. 1948. Fauna of the U.S.S.R. Fishes. Gadiformes. Acad. Sci. USSR 9 : 1–304. (Traduction anglaise pour la Natl Sci. Found., Washington, DC. Jerusalem, 1962).

1956. The Atlantic origin of some groups of fishes. Proc. XIV International Congress Zoology, Copenhagen, 1953 : 118–124.

TYLER, A.V. 1971. Periodic and resident components in communities of Atlantic fishes. J. Fish. Res. Board Can. 28 : 935–946.

CHAPITRE 11

Phytoplancton

J.S.S. LAKSHMINARAYANA

Département de biologie, Université de Moncton
Moncton (N.-B.)

Introduction

Le phytoplancton est un élément important de la production des eaux. Le présent chapitre porte sur le phytoplancton de la baie Passamaquoddy et des eaux environnantes; nous y décrivons les méthodes les plus courantes de prélèvement, d'examen, de numération et de mesure de la biomasse et de la production primaire dans les eaux littorales et océaniques. Ces méthodes, tirées de la littérature (certaines avec de légères modifications), permettront aux étudiants et aux autres personnes intéressées d'entreprendre sur le terrain des recherches sur le phytoplancton.

Le système phytoplanctonique

La région de Quoddy

La région de Quoddy couvre le secteur qui s'étend du cap West Quoddy jusqu'à l'extrémité nord de l'île de Grand Manan et à la pointe Lepreau (chap. 1, fig. 1). Cette région est une très importante zone de pêche à la sardine (Graham, 1936). La baie Passamaquoddy (fig. 1) est délimitée par l'île Deer et ne comprend aucun des passages qui la relient aux eaux extérieures de Grand Manan et de la pointe Lepreau (Graham et Braarud, 1934). Les rivières St. Croix, Magaguadavic et Digdeguash se jettent dans la baie, la première y déversant plus de la moitié des apports en eau douce. La baie est essentiellement du type glaciaire et a une profondeur moyenne de 28 m; sa profondeur maximale est de 60 à 75 m. Mackay *et al.* (1978) ont étudié en détail la bathymétrie, les substrats et l'océanographie de ce bassin protégé. La baie, de fond asymétrique en direction nord–sud, est peu profonde au nord et s'incline abruptement vers le sud où elle atteint ses profondeurs maximales. Les marées, qui ont un marnage moyen de 6,1 m à la tête de l'estuaire de la St. Croix, atteignent la baie Passamaquoddy par les passages Letete et Western. En été, les vents du sud-ouest réchauffent le secteur nord-est de la baie, mais les vents froids d'hiver du nord-ouest renversent rapidement cette tendance (Forgeron, 1959). Les fortes charges de matières en suspension nuisent à la pénétration de la lumière. Par exemple, en novembre 1979 et en février 1980, 80 % de la lumière était stoppée à 5 m aux quatre stations d'échantillonnage (fig. 2). (L'emplacement des stations est donné à la figure 1.) C'est peut-être cette turbidité, attribuable au fort brassage provoqué par les courants de marée (Huntsman, 1918), qui attire le hareng (Graham, 1936).

Trites et Garrett étudient en détail les conditions océanographiques de la région au chapitre 3. La gamme étendue des taux de salinité des eaux de la baie est reflétée par la présence de nombreuses espèces estuariennes, dont certaines lui sont particulières (Mackay *et al.*, 1978). La diversité spécifique observée à la périphérie de la baie Passamaquoddy ressemble à celle de la région littorale du golfe du Maine (Bigelow, 1926; Fish et Johnson, 1937), mais l'activité biologique se manifeste plus tard dans le nord. L'association des espèces dans l'estuaire de la rivière St. Croix ressemble à celle des autres estuaires de la région du golfe du Maine et de la baie de Fundy (Legare, 1961). Les copépodes et autres organismes zooplanctoniques dominants dépendent des abondants stocks de diatomées, qui sont représentés par un grand nombre d'espèces (Legare, 1961).

Études antérieures sur le phytoplancton

Nos sources générales sur l'Est du Canada figurent dans la bibliographie. Davidson (1934) a étudié le phytoplancton de la région de Quoddy sept ans et demi de suite, et Fritz (1921) a fait une étude détaillée du phytoplancton de la baie Passamaquoddy à partir des données de sept stations différentes. Les études de Bigelow (1926), Gran (1933) et Gran et Braarud (1935) ont été nos principales sources d'information pour le golfe du Maine, la région de Quoddy et la baie de Fundy. Les études de Hulbert (1964), Hulbert et Rodman (1963) et Marshall (1971, 1976, 1978) portaient surtout sur le phytoplancton du nord-ouest de l'Atlantique, y compris le golfe du Maine. Linkletter *et al.* (1977) ont analysé certains organismes phytoplanctoniques de la baie Passamaquoddy.

Distribution des espèces phytoplanctoniques dans la baie Passamaquoddy

McMurrich (1917) a recueilli certaines données sur le phytoplancton d'hiver de la baie Passamaquoddy. Les espèces le plus fréquemment observées sont *Coscinodiscus radiatus*, *C. concinnus*, *C. centralis* et *C. normani*. *Biddulphia aurita* et *B. mobiliensis* sont moins communes. À de rares intervalles, *Chaetoceros laciniosum*, *C. curvisetum* et *C. decipiens* sont apparues dans les prélèvements. C'est à la fin de mars et au début d'avril que l'on observe le plus souvent *Thalassiosira nordenskioldu*, *Rhizosolenia setigera* et *R. styliformis*. Parmi les dinoflagellés, *Ceratium tripos*, *C. fusus*, *C. furca*, *Peridinium depressum* et *Dinophysis norvegica* apparaissent de façon peu fréquente.

Les études effectuées par Fritz (1921) dans la baie Passamaquoddy et dans les eaux avoisinantes ont révélé

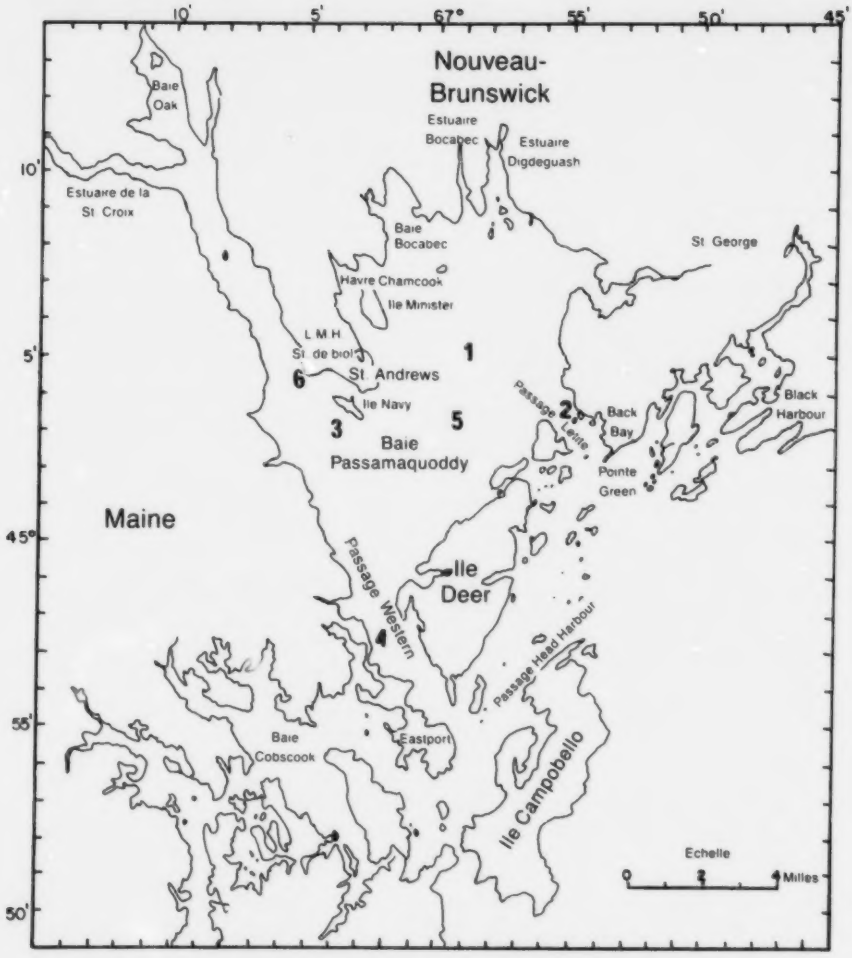


FIG. 1. Baie Passamaquoddy, avec les sites d'échantillonnage 1 à 6, mentionnés dans le texte.

que *Pleurosigma strigosum* et *Chaetoceros danicum* persistaient dans les eaux pendant toute l'année. C'est *Chaetoceros* qui affiche la plus grande diversité et les populations les plus abondantes, bien qu'en hiver l'on n'observe que *C. debile, C. diadema, C. laciniosum* et *C. decipiens*. Parmi les espèces dominantes au cours d'une saison puis qui n'apparaissent par la suite qu'à de rares intervalles ou disparaissent complètement, mentionnons *Ditylum brightwelii* (de septembre à décembre), *Rhizosolenia hebetata* et *Chaetoceros debile* (août), *Rhizosolenia setigera* (printemps), *Pleurosigma strigosum* (février à avril) et *Actinoptychus senarius* et les *Coscinodiscus* (hiver). Pendant les mois d'avril et de mai, les phytoplanctonts dominants sont *Thalassiosira gravida* et *T. nordenskioldii*. Dans chacun des échantillons prélevés en hiver, *Skeletonema costatum* et les *Melosira* ont été observées. En automne, ce sont *Thalassiothrix longissima, Rhizosolenia shrubsolei* et *Ditylum brightwelii* qui prévalent dans toute la baie. Des espèces du genre *Biddulphia* ont souvent été observées au printemps parallèlement à des *Thalassiosira*. De fortes similarités ont été relevées entre la flore de la baie Passamaquoddy et les eaux exposées de la baie de Fundy, bien que ces dernières soient moins riches en ce qui a trait à la population totale et au nombre d'espèces.

Des études effectuées par Davidson (1934) ont révélé que les dinoflagellés ne constituaient qu'une faible proportion des prises faites au filet dans la région de Quoddy par rapport aux diatomées. Ces dernières étaient représentées par un grand nombre d'espèces et avaient une composition caractéristique. Davidson a relevé plus de 100 espèces de phytoplancton, dont la majorité avait un caractère arctique-néritique et boréal. Habituellement, dans la baie Passamaquoddy, les diatomées prolifèrent au début du printemps et atteignent leur maximum à la fin juin ou en juillet. *Thalassiosira nordenskioldii, T. gravida*

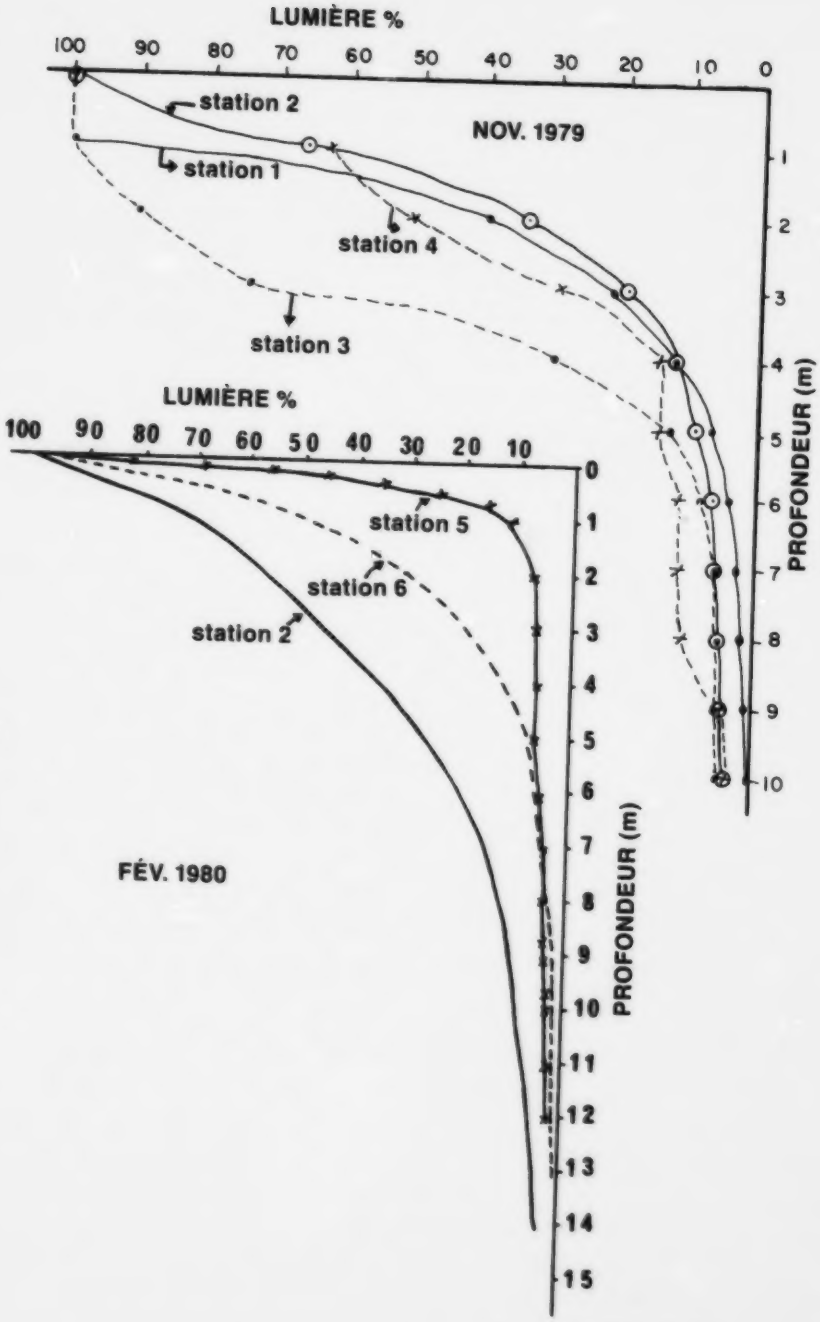


FIG. 2. Courbes d'éclairement aux stations 2 et 3.

et *Chaetoceros debile* dominaient dans les prélèvements. *C. diadema, C. compressus, C. constrictus* et *C. sociale* faisaient également partie des populations estivales. Les diatomées les plus courantes à la fin de l'été et en automne étaient *Nitzschia seriata, Skeletonema costatum, Leptocylindrus danicus, Rhizosolenia setigera* et *R. shrubsolei* (Davidson, 1934). Les travaux antérieurs de Bailey et MacKay (1921), de McMurrich (1917) et de Fritz confirment les observations de Davidson (1934) selon lesquelles les diatomées du printemps avaient essentiellement le même caractère arctique-néritique et boréal, et étaient stationnaires dans la région. Dans la baie St. Margarets (N.-É.), Platt et Subba Rao (1973) ont observé des poussées printanières semblables, dans lesquelles dominaient *Chaetoceros debile, Thalassiosira gravida* et *T. nordenskioldii*. Saifullah et Steven (1974) ont également observé des poussées printanières plurispécifiques dans la baie St. Margarets plusieurs de ces espèces étaient les mêmes que celles des eaux de la baie Passamaquoddy. L'espèce *Skeletonema costatum* dominait seule à la fin de l'été dans les eaux de la baie St. Margarets (Saifullah et Steven, 1974) et se trouvait également, pendant la même période, dans les eaux de la baie Passamaquoddy (Davidson, 1934). Dans la zone extérieure de la région de Quoddy, plus froide que la baie Passamaquoddy, *Chaetoceros debilis* prédominait sur *Thalassiosira nordenskioldii* (Davidson, 1934).

Les prélèvements à 5 m contenaient un plus grand nombre de *Pleurosigma, Thalassiothrix, Rhizosolenia, Ditylum, Chaetoceros, Skeletonema, Melosira, Thalassiosira, Biddulphia, Actinoptychus* et *Coscinodiscus* qui, toutes, présentaient la même irrégularité de distribution (Fritz, 1921). En mars, les prélèvements à 6 m contenaient des *Disphanus speculum*, seul silicoflagellé observé (McMurrich, 1917).

Skeletonema costatum, Thalassionema nitzschioides, Thalassiosira nordenskioldii, Guinardia flaccida, Chaetoceros compressus et *Rhizosolenia setigera* sont les espèces communes omniprésentes de la côte orientale (Marshall, 1976). Parmi les assemblages néritiques d'eau froide caractéristiques, on comptait les espèces suivantes : *Amphiprora hyperborea, Biddulphia aurita, Chaetoceros atlanticus, C. compressus, Rhizosolenia stolterfothii, Skeletonema costatum, Thalassionema nitzschioides, T. nordenskioldii, Ceratium lineatum, C. longipes, C. macroceros, Dinophysis acuta, D. norvegica, Peridinium brevipes, P. depressum, Cyclococcolithus leptoporus* et *Coccolithus huxleyi* (Marshall, 1978). La représentation dans certaines des associations des espèces de phytoplancton mentionnées ci-dessus, et la succession de leur poussée dans la baie Passamaquoddy et dans les zones extérieures, ressemblent à celles de la frange littorale du golfe du Maine.

Les eaux rouges dans la région de la baie de Fundy

Les eaux rouges sont de soudaines proliférations de phytoplancton qui entraînent une coloration particulière, d'un rouge brunâtre, des eaux côtières des mers ou des océans. Ce phénomène s'observe dans beaucoup de secteurs océaniques et littoraux du monde (Braarud et Heimdal, 1970; Quayle, 1969; Prakash *et al.*, 1971; Schantz, 1975). Certains des organismes en cause produisent des poisons mortels qui s'accumulent dans les poissons ou les mollusques. Chez les humains, ces toxines peuvent entraîner des maladies et, parfois, en cas de consommation de mollusques, la mort. La toxicité de ces organismes pourrait être un mécanisme de défense contre les herbivores.

Les dinoflagellés toxiques courants que nous connaissons sont *Gonyaulax catenella*, sur les côtes nord-ouest du Pacifique de l'Amérique du Nord, *G. acatenella* dans plusieurs des zones littorales de la Colombie-Britannique, et *G. excavata (tamarensis)* sur la côte nord-est atlantique de l'Amérique du Nord (y compris la région de Quoddy et les côtes de la mer du Nord). On sait que *Gonyaulax excavata* prolifère pendant l'été et l'automne dans le sud de la baie de Fundy et dans l'estuaire du Saint-Laurent. Prakash *et al.*, (1971) ont décrit les effets des toxines produites par *G. excavata* sur les animaux à sang chaud. White (1977) a observé dans la baie de Fundy une mortalité massive de harengs (*Clupea harengus harengus*) probablement due à l'ingestion des toxines de *G. excavata*. Celles-ci pourraient avoir été accumulées par les ptéropodes trouvés en abondance dans l'estomac des harengs. L'étude a montré que la mortalité s'est produite à peu près entre White Head et North Head, sur les côtes de l'île de Grand Manan. L'algue dominante dans cette région à ce moment-là était *G. excavata*, que l'on trouve également dans la baie Passamaquoddy.

Diversité des espèces

Ce chapitre comprend une liste de 127 espèces de phytoplancton observées dans la baie Passamaquoddy d'après les recherches mentionnées ci-dessus. Cette liste, qui est loin d'être exhaustive, comprend 120 diatomées, 6 dinoflagellés et une chrysophycée. D'autres espèces viendront probablement s'y ajouter au fur et à mesure des travaux ultérieurs. Pour de plus amples informations sur l'identification, consulter Brunel (1962), Cleve (1894 et 1895), Cleve-Euler (1915, 1951–1955), Cupp (1943), Griffith (1961), Hustedt (1927–1930, 1930), Hendey (1964), Huber-Pestalozzi et Hustedt (1942), Lebour (1925, 1930), Patrick et Reimer (1966), Schiller (1937) et Vanlandingham (1967–1969, 1971, 1975).

Méthodes

Échantillonnage du phytoplancton : considérations générales

Le phytoplancton varie beaucoup en taille et en abondance. Un échantillon de quelques litres peut suffire pour observer une espèce abondante, mais il faut un échantillon beaucoup plus gros pour observer des formes rares. Dans les eaux profondes, un échantillonnage effectué à des intervalles de 3 à 6 m dans toute la zone euphotique, jusqu'à une profondeur arbitraire dépassant la thermocline, est généralement satisfaisant, mais il faut parfois choisir d'autres intervalles quand les circonstances le justifient. L'échantillonnage par engin remorqué ou au filet doit être effectué à un angle de 90° par rapport à la direction du vent. Le phytoplancton estuarien doit être échantillonné à des intervalles réguliers, de la surface

jusqu'au fond, trois à quatre fois pendant un cycle de marée au moins (Weber, 1973).

Dans les études sur l'écologie et la distribution, le programme d'échantillonnage doit couvrir des mesures de la chlorophylle, des éléments nutritifs et de la production primaire.

Notes prises sur le terrain et étiquetage des échantillons

Dans les notes prises sur le terrain doivent figurer des données sur la météorologie, la condition des eaux de surface et la turbidité, la profondeur totale à la station d'échantillonnage, la profondeur à laquelle l'échantillon a été prélevé, une liste de tous les types d'échantillons prélevés à la station et des informations descriptives générales (p. ex. direction, distance). Le dossier doit également comprendre une carte montrant les stations d'échantillonnage ou bien mentionner leur position (latitude et longitude) ou leurs coordonnées Decca.

Les étiquettes et les marqueurs doivent être hydrofuges. Les étiquettes doivent être apposées sur les contenants immédiatement après le prélèvement. Elles doivent porter les informations suivantes : emplacement ou numéro de la station; date, heure et nom du bateau; profondeur et inclinaison du câble; type d'échantillon (p. ex. prélèvement à la benne, prélèvement vertical au filet à plancton, etc.); volume de l'échantillon, longueur du trait; préservateurs utilisés et concentration; et nom de l'échantillonneur ou de l'observateur.

Matériel d'échantillonnage

L'emploi d'échantillonneurs cylindriques, comme les bouteilles Kemmerer, Juday, Niskin et Van Dorn, est recommandé pour l'échantillonnage des eaux. Les extrémités ouvertes permettent à l'eau de circuler librement pendant la descente de l'appareil. Un messager déclenche la fermeture de la bouteille à la profondeur désirée. Les échantillonneurs non métalliques sont préférables pour l'analyse des métaux, les essais sur les algues ou les mesures de la production primaire. Pour les échantillons de surface des eaux peu profondes, la bouteille peut être maintenue dans une position horizontale et fermée manuellement. Pour l'échantillonnage en eau profonde, il est possible d'utiliser la bouteille Nansen à renversement si on ne recherche que des petits échantillons. Une série de bouteilles placées aux intervalles de profondeur désirés permet d'accélérer l'échantillonnage, mais nécessite un treuil hydrographique et une poulie compteuse.

On utilise souvent, pour la collecte du micro-phytoplancton, des filets Clark-Bumpus ou Wisconsin, ou encore des trappes Juday. Un filet n° 25 (en nylon ou en étamine, maille de 64 µm, 200 mailles/po) est préférable. Les filets sont surtout utilisés pour les analyses qualitatives. Il est possible de faire des évaluations quantitatives très approximatives en calculant le volume d'eau dans le trajet du filet, mais l'efficacité de la filtration décroît à mesure qu'augmente la résistance offerte par l'accumulation de matière dans le filet. Un compteur de flux, bien placé à l'entrée du filet, permet d'obtenir des mesures plus précises. Le prélèvement du phytoplancton au filet n'est pas recommandé pour les travaux quantitatifs sauf dans le cas des grosses espèces. Le nanoplancton et de nombreuses diatomées peuvent en effet passer par les mailles du filet et doivent donc être dénombrés dans des échantillons d'eau. On peut utiliser une pompe aspirante et une unité de filtration sur le navire, mais cela présente certaines difficultés lorsque l'eau est stratifiée étant donné que le tubage doit être vidé entre les échantillonnages, et que les algues délicates sont endommagées. Les filets aident à évaluer la composition spécifique, la diversité et la distribution géographique. Les films superficiels de phytoplancton peuvent être échantillonnés à l'aide d'un filet écumeur ou de plaques de verre ou de lamelles de microscope que l'on suspend dans l'eau. Il faut éviter toute contamination de l'eau à partir du bateau pendant ces échantillonnages (UNESCO, 1974).

Une filtration différentielle ou une filtration fractionnée sur étamine de nylon à pores de diamètres différentes (10 µm à 365 µm) permet d'obtenir des échantillons de phytoplancton répartis selon la taille (Subba Rao, 1980). La culture du phytoplancton produit un nombre élevé de flagellés que l'on ne trouve pas dans les échantillons conservés. L'oxyde de germanium empêche la poussée des diatomées dans les cultures. Un échantillon général de la colonne d'eau peut être prélevé à l'aide d'un tube de plastique (diamètre interne de 8 mm) muni d'un poids approprié et descendu à une profondeur quelconque (p. ex. 15 m). L'extrémité supérieure du tube est bouchée puis le tube est remonté à bord pour y être vidé (Carlsberg, 1972).

Le volume qu'il faut tirer des bouteilles d'échantillonnage dépend du nombre et du type d'analyses à effectuer, p. ex. numération des cellules, chlorophylle, poids sec. Lorsque la densité des phytoplanctontes est inférieure à 500 par mL, il faut environ 6 L d'échantillon pour utiliser la cellule Sedgwick-Rafter et pratiquer la numération proportionnelle des espèces de diatomées. Un échantillon de 1 à 2 L suffit dans les eaux plus productives (Weber, 1973).

Préservation des échantillons

Il existe une grande variété de préservateurs, et chacun a ses avantages propres. Les échantillons qui doivent être gardés pendant plus d'un an doivent être conservés dans le formol neutralisé au tétraborate de sodium (pH 7,0–7,3). On peut également utiliser comme tampon du bicarbonate de sodium et du carbonate de calcium. Cinq mL de formol neutralisé sont ajoutés à 100 mL d'échantillon. Ce préservateur peut toutefois faire perdre leurs flagelles à de nombreuses formes flagellées. L'addition de 1 mL/L de solution saturée de sulfate cuivrique aux échantillons préservés permet de garder la couleur verte du phytoplancton et aide à le distinguer des détritus. L'addition d'une solution détergente empêche l'agglutination des organismes sédimentés. Utiliser à cette fin 5 mL par litre d'échantillon d'une solution détergente chirurgicale à 20 %. Ne pas utiliser de détergent si l'on veut monter des diatomées sur lamelles (Weber, 1973).

Le merthiolate est un préservateur qui offre l'avantage de teindre des parties des cellules et de simplifier ainsi l'identification. Il fait également évacuer le gaz

contenu dans les vacuoles de certaines algues comme les algues bleues, favorisant ainsi leur sédimentation. Les échantillons conservés dans le merthiolate peuvent être gardés pour un an. La solution de merthiolate se prépare en dissolvant, dans 1 L d'eau distillée (Weber, 1973) : 1,0 g de merthiolate (éthymercurethiosalicylate de sodium), 1,0 mL d'une solution aqueuse saturée d'iode et d'iodure de potassium préparée par dissolution de 40 g d'iode et de 60 g d'iodure de potassium dans 1 L d'eau distillée; enfin, 1,5 g de borax (borate de sodium).

On peut utiliser seule la solution aqueuse saturée d'iode (solution de Lugol) pour la fixation immédiate du phytoplancton. En plus de colorer l'amidon, cette solution fixe les cils et les flagelles lorsqu'il y en a.

Pour préparer la solution de Lugol, dissoudre 10 g d'iodure de potassium dans 20 mL d'eau distillée. Ajouter 5 g d'iode bisublimée et 5 g d'acétate de sodium (CH_3 COO Na). Une fois tous les cristaux dissous, porter le volume à 100 mL.

La solution de Kiefer peut être utilisée comme préservateur à long terme. Dans 900 mL d'éthanol (50 %), dissoudre 50 mL de formaldéhyde (40 %), 25 mL de glycérol, 25 mL d'acide acétique, 50 g de chlorure cuivrique et 15 g de nitrate d'uranyle ($UO_2(NO_3)_26H_2O$). Habituellement, on ajoute 5 mL de cette solution à 100 mL d'échantillon. Ce préservateur modifie légèrement l'apparence des organismes, mais un peu d'expérience permet d'éviter les problèmes.

Préparation en vue de l'identification

L'identification des espèces phytoplanctoniques est souvent difficile et entravée par les méthodes utilisées pour la préservation, la concentration et l'examen au microscope. Lorsque les organismes sont très petits (<10 µm) et non identifiables à cause d'une mauvaise préservation, ils peuvent être classifiés comme monades (sans cils) ou comme flagellés (avec cils). Pour tous les problèmes d'identification, on consultera avec avantage Hasle (1978). L'utilisation d'objectifs à contraste de phase ou à immersion dans l'huile ou dans l'eau peut aider à distinguer les espèces. Les méthodes de culture avec dilution en série sont nécessaires pour identifier les planctontes fragiles qui ne peuvent être préservés ou concentrés par un autre moyen.

Le réchauffement à 45°C des échantillons de phytoplancton montés sur des lamelles de microscope débarrasse habituellement les lamelles d'une partie des matières organiques en suspension et permet l'examen préliminaire. Il est possible d'empêcher les montages frais de sécher en scellant le couvre-objet avec un mélange chauffé de deux parties de vaseline et d'une partie de cire d'abeilles (Hendey, 1964).

Les diatomées doivent être d'abord examinées vivantes auxpuissances faibles et élevées du microscope. La présence de valves permet de les identifier.

Les échantillons d'eau contenant des diatomées peuvent être coagulés à l'aide d'une solution d'alun ferrique à 5 %, brassés pendant 10 min et placés dans un entonnoir à décantation en pyrex pendant 24 à 36 h. La fraction de particules concentrées est séparée en fractions de 5 ou 10 mL selon la quantité du concentré. Une partie de ces fractions est lavée avec de l'eau distillée jusqu'à ce que toute trace de préservateur et de sel ait disparu. Cela permet d'examiner les formes plus délicates et doit précéder tout traitement ultérieur.

Les diatomées peuvent être nettoyées de la façon suivante : s'il y a beaucoup de calcium (comme dans les échantillons prélevés en eaux chaudes), ajouter une quantité de HCl concentré égale à celle de l'échantillon, agiter, et rincer deux fois avec de l'eau distillée (centrifugation). Puis suivre la procédure A ou B.

Procédure A

1) Ajouter du H_2SO_4 concentré à raison du double du volume de l'échantillon. Agiter.

2) Ajouter une très petite quantité de $KMnO_4$ saturé (il doit y avoir des cristaux dans la bouteille) lentement (afin de prévenir une trop forte ébullition) jusqu'à ce que le liquide prenne une teinte brun violet foncé. Agiter.

3) Ajouter une petite quantité d'acide oxalique jusqu'à ce que l'échantillon devienne incolore. Agiter.

4) Rincer deux fois avec de l'eau distillée (centrifugation), puis examiner la matière au microscope. Si elle n'est pas propre, répéter l'opération. Si elle est propre, continuer à rincer jusqu'à ce que le papier tournesol bleu ne devienne pas rouge dans la solution.

Procédure B

1) Rincer l'échantillon avec de l'eau distillée.

2) Ajouter du $KMnO_4$ saturé à raison d'un volume égal à celui de l'échantillon. Agiter. Laisser reposer 24 heures.

3) Ajouter du HCl à raison d'un volume égal à celui de l'échantillon. Réchauffer lentement au-dessus d'une lampe à alcool jusqu'à ce que l'échantillon devienne transparent et incolore ou qu'il prenne une légère teinte jaune vert.

Les diatomées sont montées dans du CUMAR R-9, résine coumarone-indène chimiquement inerte et neutre résistant à l'oxydation, au sel et à l'humidité. On peut également utiliser du Pleurax, de l'Euporol, du Baume du Canada, de l'Hyrax et de la gelée de glycérine, qui permettent l'examen dans des conditions de transparence diverses. Pour la préparation de lames permanentes et du matériel pour examen par microscopie électronique à balayage (MEB) et par microscopie électronique à transmission (MET), voir Hasle (1978).

On trouvera dans Sournia (1978) ainsi que dans les références et la bibliographie du présent chapitre, des ouvrages portant sur l'identification du phytoplancton.

Les cultures de phytoplancton

Il peut être nécessaire de faire des cultures de phytoplancton pour arriver à une bonne identification étant donné que certaines espèces prélevées peuvent ne pas être présentes à tous les stades de développement. Le milieu de culture constitue la base d'observation des différents stades de développement de certaines espèces, fréquentes ou rares, dans les collections de phytoplancton. Les algues peuvent être cultivées sur gélatine, agar-agar ou gel de silice, ou encore dans des solutions nutritives.

Pour obtenir de bons résultats, il est nécessaire d'avoir une bonne concentration en sel, un pH, une intensité lumineuse et une température convenables. Pour obtenir des cultures monospécifiques exemptes de bactéries, il faut travailler en milieu stérile. Pour nettoyer la verrerie ou les contenants pour les cultures, les faire tremper jusqu'à ce qu'ils soient propres dans de l'alcool éthylique saturé d'hydroxyde de potassium ou dans une solution composée de 35 mL de solution de bichromate de sodium (qualité technique) et de 1 L d'acide sulfurique concentré. Bien rincer la verrerie à l'eau courante et à l'eau distillée et la stériliser à la chaleur sèche à 160–180°C ou dans un autoclave à 15 lb de pression pendant au moins 20 minutes. Le milieu nutritif et les solutions peuvent être stérilisés dans un autoclave à 15 lb de pression pendant 20 minutes. S'il y a des composés organiques dans les substrats nutritifs, il faut stériliser par filtration ou à la vapeur.

N'utiliser que de l'eau naturelle vieillie ou de l'eau distillée dans le verre. Laisser vieillir l'eau naturelle pendant plusieurs mois dans l'obscurité à une température de 5 à 10°C. Les eaux naturelles peuvent être débarrassées des matières organiques et toxiques qu'elles contiennent par ajout de charbon actif (qualité USP) suivi de filtration. Selon les besoins, utiliser l'un ou l'autre ou une combinaison des traitements suivants : désionisation, filtration sur charbon actif, eau vieillie, pasteurisation ou stérilisation sur filtre.

La plupart des algues poussent bien aux températures ambiantes naturelles. Le phytoplancton des eaux de l'Atlantique pousse bien entre 10 et 20°C. La lumière fournie par des tubes fluorescents à lumière du jour riche en UV (200 à 400 bougies) convient généralement bien à la croissance des cultures. Pour la purification, on peut avoir recours à la dilution, à la centrifugation, aux antibiotiques, ou à la lumière UV, à la filtration, ou au traitement aux ultrasons. Du tellurite de potassium (K_2TeO_3) à des concentrations de 1 mg/L peut être utilisé pour obtenir des cellules d'algues pures pour les cultures. Pour un traitement détaillé de la culture des algues, voir Bold (1942), Pringshein (1949), Provasoli *et al.* (1957), Starr (1964, 1971), Wiedeman *et al.* (1964), Stein (1973) et Bold et Wynne (1978), entre autres.

Les formules et les instructions pour la préparation de quelques milieux couramment utilisés pour le nanoplancton et le phytoplancton sont données dans Van Valkenburg *et al.* (1967), Guillard et Ryther (1962) et Bold et Wynne (1978).

Méthodes de numération

Le phytoplancton comprend des formes de grosse taille (>60µm de diamètre), du nanoplancton (<60µm) et de l'ultraplancton (seulement quelques micromètres de diamètre). Selon la variabilité des échantillons, il est bon d'envisager différentes méthodes d'analyse, telles que l'échantillonnage aléatoire, l'échantillonnage stratifié, l'échantillonnage par grappe, l'échantillonnage systématique, l'échantillonnage proportionnel et l'échantillonnage par régression (Sournia, 1978).

Les échantillons conservés peuvent être concentrés par sédimentation ou centrifugation (à l'aide de centrifugeuses à plancton ou de centrifugeuses à écoulement continu) ou par filtration sur membrane (APHA, 1976). L'addition de 0,05 mL d'une solution à 1 % de cristaux de sulfate d'aluminium et de potassium à 10 mL de l'échantillon à centrifuger peut faciliter la floculation et la sédimentation de l'échantillon (Ballantine, 1953). L'étalonnage des microscopes optiques est décrit dans APHA (1976). L'appareillage et les techniques utilisés pour la numération du phytoplancton sont variés.

Méthode Sedgwick–Rafter — La cellule à numération Sedgwick–Rafter (S.–R.) est l'appareil le plus couramment utilisé pour compter le plancton. La cellule S.–R. mesure 50 mm de longueur, 20 mm de largeur, 1 mm de profondeur, et a une superficie totale au fond de 1000 mm^2 et un volume total de 1 mL (1×10^{12} μm^3 ou 1000 mm^3). Les limites extérieures du micromètre Whipple couvrent 1 mm^2 de la platine et la case la plus petite couvre une superficie de 400 μm^2 (20×20 µm), ce qui correspond à l'« unité standard de superficie ». La bande étudiée a la longueur de la cellule S.–R., une profondeur de 1 mm et la largeur du champ du micromètre. La numération se fait habituellement sur quatre bandes, selon la densité des organismes phytoplanctoniques. On emploie généralement un objectif 20 ×. Pour calculer la concentration des organismes dans la numération sur bande, on utilise la formule suivante :

$$\text{nombre/mL} = \text{nombre réel} \times \frac{1000}{\text{vol. de la bande } (mm^3)}$$

Lorsque des numérations aléatoires doivent être faites, il faut s'assurer d'examiner au moins 10 champs de micromètre dans deux cellules S.–R. préparées de la même façon. La concentration des organismes se détermine dans cette méthode par la formule suivante :

$$n^{bre}/mL = n^{bre} \text{ moy./champ} \times \frac{1000}{\text{vol. du champ} \times \text{nombre de champs}}$$

Multiplier ou diviser toujours le nombre de cellules par mL par un facteur de correction (y compris le facteur représentant préservateur) pour tenir compte de la dilution ou de la concentration.

Méthode Palmer–Maloney (Weber, 1973) — La cellule Palmer–Maloney (P.–M.) pour la numération du nanoplancton est conçue pour fonctionner à l'aide d'un objectif à sec à fort grossissement (45×). Cette cellule comporte une chambre circulaire de 17,9 mm de profondeur et de 0,1 mL de volume. Il peut être nécessaire de faire plusieurs numérations pour obtenir une estimation valide des organismes plus gros, mais moins nombreux, qui se trouvent dans l'échantillon. Compter au moins 20 champs de micromètre.

Pour calculer la concentration des organismes, utiliser la formule suivante :

$$\text{nombre/mL} = \frac{C \times 1000\ mm^3}{A \times D \times F}$$

où :

C = le nombre d'organismes comptés (compte)
A = la superficie d'un champ (image d'une case de la grille), mm^2
D = la profondeur du champ (profondeur de la cellule P–M), mm
F = le nombre de champs couverts.

Méthode de l'hématimètre (Weber, 1973) — Les hématimètres sont des cellules à numération ou des lames de verre sur lesquelles est gravé un quadrillage fin, et recouvertes d'une lame couvre-objet en verre fritté spécialement conçue. La cellule intérieure est séparée de la lamelle couvre-objet par des rainures parallèles situées de chaque côté. Le quadrillage comporte des carrés de 1/20 mm (50 µm) seulement de côté qui sont inscrits à l'intérieur d'un carré plus grand de 1 mm. Lorsque la lamelle couvre-objet est en place, la profondeur d'une cellule Petroff–Hausser est de 1/50 mm (20 µm) et celle l'hématimètre de 1/10 mm (100 µm).

Compter toutes les formes qui se trouvent sur la surface quadrillée de la cellule. Pour calculer le nombre d'organismes par millilitre, multiplier le nombre total d'organismes observés sur la surface quadrillée de la cellule par le facteur approprié. Par exemple, le facteur de multiplication pour la cellule à numération des bactéries Petroff–Hausser est basé sur le volume de l'ensemble de la partie quadrillée. Les dimensions de 1 mm × 1 mm × 1/50 mm donnent un volume de 1/50 mm^3 et un facteur de 50 000. Suivre les instructions du fabricant. Le désavantage de ce type de cellule à numération réside dans sa capacité extrêmement limitée qui nécessite l'utilisation d'un facteur de multiplication élevé. L'échantillon doit donc être concentré, sinon il faut examiner un très grand nombre de montages par échantillon.

Méthode de la membrane filtrante (McNabb, 1960) — Cette méthode de numération du phytoplancton nécessite un appareil de filtration sous vide. Pour mesurer la bonne quantité d'échantillon à filtrer, utiliser des membranes filtrantes en acétate de cellulose à pores d'un diamètre de 0,45 ou 0,5 µm. Cette méthode permet d'utiliser les microscopes de type classique pour la numération du petit phytoplancton et augmente la probabilité de numération des formes moins abondantes. C'est une méthode qui convient très bien aux échantillons d'eau à faible teneur en phytoplancton et en limon. Par contre, lorsqu'il y a trop de matières en suspension, il peut être difficile de détecter les phytoplanctontes. La méthode de la membrane filtrante est utilisée comme phase préparatoire dans la microscopie électronique à balayage (Fournier, 1978).

L'échantillon est d'abord filtré sous vide à 1/15 d'atmosphère (50 mm Hg); le filtre mouillé est ensuite enlevé, puis placé sur deux gouttes d'huile à immersion sur une lamelle de microscope. Deux autres gouttes d'huile sont ensuite placées sur le filtre; celui-ci est séché à l'air à la température de la pièce jusqu'à ce qu'il soit clair, puis recouvert d'une lamelle couvre-objet avant l'examen.

Si l'échantillon contient un mélange de formes fragiles et robustes, il faut diluer l'eau de mer avec de l'eau distillée basique (pH 7,1–7,5). Les organismes peuvent être teints au vert Fast Green (solution alcoolique ou aqueuse) ce qui facilite leur localisation sur le filtre (Fournier, 1978).

Lors de l'examen du filtre, le grossissement et le champ d'échantillonnage, ou quadrat, doivent être tels que l'espèce la plus abondante apparaisse dans au moins 70 %, mais pas plus de 90 %, des quadrats. Le nombre de spécimens de chaque espèce dans 30 quadrats microscopiques choisis de façon aléatoire est relevé. Le tableau 1 donne une table de conversion et les calculs qui permettent d'obtenir la fréquence et l'abondance des espèces.

Pour faire un montage permanent, ne pas laisser l'échantillon sécher sur le filtre. Laisser au moins 5 mL d'eau dans l'appareil et ajouter 10 à 15 mL d'un mélange de glutaraldéhyde-éthanol (obtenu en combinant 5 gouttes de glutaraldéhyde et 50 mL d'eau distillée, que l'on refroidit et que l'on mélange à 50 mL d'alcool éthylique).

TABLEAU 1. Table de conversion pour la méthode de numération sur membrane filtrante (numération sur 30 champs) (APHA, 1976).

Occurrence totale	*F*%	*DN*
1	3,3	0,03
2	6,7	0,07
3	10,0	0,10
4	13,3	0,14
5	20,0	0,22
6	16,7	0,18
7	23,3	0,26
8	26,7	0,31
9	30,0	0,35
10	33,3	0,40
11	36,7	0,45
12	40,0	0,51
13	43,3	0,57
14	46,7	0,63
15	50,0	0,69
16	53,3	0,76
17	56,7	0,83
18	60,0	0,91
19	63,3	1,00
20	66,7	1,10
21	70,0	1,20
22	73,3	1,32
23	76,7	1,47
24	80,0	1,61
25	83,3	1,79
26	86,7	2,02
27	90,0	2,30
28	93,3	2,71
29	96,7	3,42
30	100,0	?

où $F = \frac{\text{nombre total d'occurrences de l'espèce} \times 1000}{\text{nombre total de quadrats examinés}}$

Calcul : nombre d'organismes par millilitre = densité (*DN*) calculée à partir du tableau ci-dessus × nombre de quadrats ou de champs ou de membranes filtrantes ÷ nombre de millilitres filtrés × facteur de dilution dans le formol (0,96 pour le formol à 4 %).

Filtrer le tout et laisser reposer jusqu'à ce qu'un mince film d'eau reste sur le filtre. Après avoir enlevé le filtre de l'appareil, le saturer avec un mélange de créosote de bois de hêtre et d'éthanol (7 mL d'éthanol à 95 % + 3 mL de créosote de bois de hêtre), recouvrir d'une lamelle couvre-objet et laisser reposer jusqu'à ce que le tout devienne transparent. (Nettoyer l'appareil de filtration avec de l'éthanol à 95 %).

Les filtres peuvent également être lavés avec une série d'alcools et montés dans du Baume du Canada.

Méthode de numération au microscope inversé — Le microscope inversé permet d'utiliser des objectifs à foyer court et à fort grossissement. En modifiant la hauteur de la cellule, on peut obtenir différentes concentrations. On trouvera dans Hasle (1978) des détails sur l'utilisation de cet instrument pour la numération du phytoplancton. Comme dans la méthode S.–R., on peut compter par bande ou par champ. Il faut compter un minimum de deux bandes perpendiculaires l'une à l'autre sur le fond de la cellule et faire la moyenne des valeurs obtenues. Le micromètre oculaire Whipple est également utilisé pour la numération. En règle générale, il faut compter un minimum de 100 spécimens de l'espèce la plus abondante. Une fois la numération terminée, faire le total des comptes obtenus et calculer les pourcentages pour chaque espèce. Pour calculer le nombre de planctontes par millilitre (APHA, 1976), utiliser la formule suivante :

$$\text{Compte par bande (nombre/mL)} = \frac{C \times FA}{L \times W \times S \times V}$$

$$\text{Compte par champ (nombre/mL)} = \frac{C \times FA}{F \times A \times V}$$

où :

C = le nombre d'organismes dénombrés
FA = la superficie totale du fond de la cellule (mm^2)
L = la longueur d'une bande, mm
W = la largeur d'une bande, mm (largeur de l'image du quadrillage du micromètre)
S = le nombre de bandes comptées
V = le volume de l'échantillon décanté
A = la superficie du champ, mm^2 (superficie du quadrillage de l'image du micromètre)

Compteurs de particules — Les compteurs de particules permettent d'automatiser le comptage et la mesure de la taille du phytoplancton. D'autres types de particules en suspension dans un fluide peuvent également être comptés à l'aide d'un compteur sur zones. Aucun instrument ne peut à lui seul effectuer toutes les mesures de numération du phytoplancton, mais chacun convient à une tâche précise (Sheldon, 1978). Ces instruments peuvent être utilisés efficacement pour la numération des cultures d'algues pures. Leslie (1978) a comparé les techniques électroniques (compteur Coulter, modèle B, et système de mesure de particules Millipore) et la méthode d'Utermohl dans leur application à l'analyse quantitative de matières particulaires d'eau douce et a trouvé que le comptage et la caractérisation des particules variaient selon la taille et la forme de ces particules dans chacune des méthodes. La présence de particules détritiques inconnues pose un problème et explique, jusqu'à un certain point, la variation dans les résultats obtenus.

La méthode par microtransect de Lackey (APHA, 1976) — Cette méthode simple consiste à laisser décanter l'échantillon puis à en transférer 0,1 mL sur une lame en verre que l'on recouvre d'une lamelle couvre-objet de 22 × 22 mm. Les organismes sont comptés dans 3 ou 4 bandes sous la lamelle couvre-objet. Le nombre d'un type particulier d'organisme dans 1 L d'eau peut être déterminé comme suit :

$$n^{bre}/L = \frac{(n^{bre}\text{ moy./champ})(n^{bre}\text{ champs/couvre-objet})(\text{nombre gouttes/mL}) \times 1000}{\text{facteur de concentration}}$$

$$\text{facteur de concentration} = \frac{\text{mL d'échantillon original}}{(\text{mL de concentré})(0{,}94)}$$

où 0,94 représente la dilution de l'échantillon par addition de formol et de détergent.

Pour obtenir le volume moyen, en microns cubes de chaque espèce, on mesure 20 spécimens. Le volume représenté par chaque espèce peut être exprimé en parties par million à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Volume (ppm)} = (\text{nombre org./L})(\text{vol. moy. de l'espèce en } \mu m^3 \times 10^{-9})$$

Microscopie de fluorescence — Le phénomène de fluorescence survient lorsque l'énergie absorbée par les atomes, les molécules ou les ions de diverses substances capables d'émettre de la fluorescence est transformée en lumière. Le rayonnement lumineux, le bombardement d'électrons, les rayons X et l'émission radioactive peuvent fournir l'énergie nécessaire à la fluorescence. La microscopie de fluorescence peut utiliser autant la lumière ultraviolette que la lumière visible. Les cellules des plantes et des algues sont capables d'émettre de la fluorescence à cause de leur teneur en chlorophylle. Une fluorescence externe peut être induite chez des spécimens traités à la teinture fluorescente ou aux fluorochromes (p. ex. orange acridinique, auramine 00, jaune acridinique, coriphosphine, aurosphosphine, sulfate de berbérine, rouge neutre, hydrochlorure acriflavinique, rhodamine B, primuline, fluorescéine, fluorescéine de sodium, éosine et érythrosine). Les algues vivantes émettent une fluorescence de couleur rouge sang brillante. Le total des cellules, avec ou sans chlorophylle, peut être compté après teinture à l'aide d'un fluorochrome liant qui se lie à l'ADN, orange acridinique. L'utilisation du microscope de fluorescence est décrite en détail dans Sournia (1978). Cette méthode présente toutefois le désavantage de rompre les cellules et donne une mauvaise distribution du phytoplancton sur les filtres. L'identification des organismes pose davantage de problèmes que la simple numération des cellules car les contours des cellules sont difficiles à distinguer et il faut travailler sur des échantillons de 4 à 5 L d'eau lorsque les populations sont peu abondantes (UNESCO, 1974).

Microscopie électronique à balayage — Le microscope électronique à balayage a une valeur inestimable pour observer les fins détails de surface qui ne sont pas visibles au microscope optique. La méthode de cryodécapage permet d'obtenir une image tridimensionnelle du phytoplancton. Les procédures spéciales pour les diatomées sont données dans Hasle (1978) et Sournia (1978), pour les dinoflagellés, dans Taylor (1978), et pour les autres flagellés, dans Leadbeater (1978).

La mesure des pigments du phytoplancton

On trouve dans tous les groupes d'algues de la chlorophylle *a*. La concentration de la chlorophylle *a* donne une bonne idée de la biomasse de phytoplancton. Cette concentration varie selon les espèces; certaines algues contiennent également de la chlorophylle *b* et *c*. La teneur en chlorophylle peut être évaluée par fluorométrie ou par spectrophotométrie (SCOR–UNESCO, 1964; Holm-Hansen et Reimann, 1978).

Procédure : (Weber, 1973; Holm-Hansen et Riemann, 1978) —

1) Concentrer les algues au moyen d'une membrane filtrante (diamètre des pores de 0,45 µm) ou d'un filtre de fibre de verre (diamètre effectif des pores de 0,45 µm).

2) Stocker les échantillons à −20°C. Ces échantillons peuvent être gardés en stock pour une période maximale de 2 à 3 semaines.

3) Transférer l'échantillon dans un tube à centrifuger à couvercle vissé, ajouter suffisamment de méthanol de type réactif pour amener le volume à 5 mL et garder le tout à l'obscurité à 4°C pendant 24 heures. Utiliser le solvant avec parcimonie afin d'éviter une dilution inutile du pigment. Agiter le tube au milieu de la période d'extraction, puis encore une fois avant la clarification.

4) Centrifuger 20 minutes à 500 *g*. Transvaser le liquide surnageant dans un récipient propre étalonné (tube à centrifuger étalonné à couvercle vissé de 1 à 5 mL) et mesurer le volume. Garder le tube fermé afin de minimiser l'évaporation.

Les pigments peuvent être mesurés au moyen des méthodes trichromatique ou fluorométrique.

Détermination trichromatique — Déterminer la densité optique (*DO*) de l'extrait à 750, 663, 645 et 630 nanomètres (nm) à l'aide d'un blanc d'acétone aqueuse à 90 %. Diluer l'extrait ou raccourcir le rayon lumineux au besoin afin d'amener la DO_{663} entre 0,20 et 0,50. La lecture à 750 nm est utilisée pour la correction de turbidité. Un blanc approprié est utilisé à cette fin. Il est préférable d'utiliser un spectrophotomètre à résolution de 1 nm ou moins. Veiller à maintenir l'évaporation au minimum pendant la lecture des mesures.

Calculs — La concentration de pigments dans le phytoplancton est exprimée en mg/m³ ou en µg/L et calculée comme suit :

$$\text{mg/m}^3 \text{ chlorophylle } a = \frac{C_a \times \text{volume d'extrait (L)}}{\text{volume d'échantillon (m}^3\text{)}}$$

On détermine les concentrations de chlorophylle dans l'extrait en appliquant les valeurs de *DO* ramenées à une longueur de cuve de 1 cm dans les équations suivantes :

$$C_a = 11{,}64D_{663} - 2{,}16D_{645} + 0{,}10D_{630}$$

$$C_b = 3{,}96D_{663} + 20{,}97D_{645} - 3{,}66D_{630}$$

$$C_c = -5{,}53D_{663} - 14{,}81D_{645} + 54{,}22D_{630}$$

où C_a, C_b, C_c sont respectivement les concentrations, en milligrammes par litre, de chlorophylle *a*, *b* et *c* dans l'extrait, et D_{663}, D_{645} et D_{630} sont les valeurs de *DO* ramenées à 1 cm aux longueurs d'onde respectives après soustraction de l'extinction à 750 nm.

Fluoriométrie (*Yentsch et Menzel, 1963; Holm-Hansen et al., 1965; Weber, 1973*) — La méthode fluoriométrique est très sensible et permet une détermination exacte de très faibles concentrations de pigments à partir d'échantillons de moindre volume. Pour obtenir une sensibilité optimale, utiliser des longueurs d'onde d'excitation et d'émission de 430 et 663 nm respectivement, à l'aide d'un photomultiplicateur R-136. Utiliser des filtres d'excitation Corning CS-5-60 et des filtres d'émission CS-2-64 ou leurs équivalents. Étalonner le fluoromètre avec des solutions de chlorophylle de concentration connue (environ 0,002, 0,006, 0,02 et 0,06 mg/L de chlorophylle *a* d'extrait), de façon à pouvoir faire un minimum de deux lectures dans chaque plage de sensibilité du fluoromètre (1/3 et 2/3 de l'échelle complète). À l'aide de ces valeurs, dériver les facteurs permettant de convertir les lectures dans chaque plage de sensibilité faites du fluoromètre en milligrammes de chlorophylle *a* par litre d'extrait.

$$F_s = \frac{\text{conc. chlorophylle } a \text{ (mg/L)}}{\text{lecture du fluoromètre}}$$

où F_s est le facteur de conversion fluoriométrique et *s* la plage de sensibilité (selon la porte utilisée).

Le filtre est séché à l'obscurité et le résidu extrait par broyage en présence d'acétone à 85 % (Yentsch et Menzel, 1963). Le volume final de l'extrait est de 10 mL exactement. La fluorescence de l'extrait (Rb) est mesurée sur le fluoromètre. Si la lecture dépasse 90 unités, diminuer la sensibilité, p. ex. à 30 × 10 × 1 ×. Inversement, si la lecture est inférieure à 15 unités, il faut augmenter la sensibilité. Si aucune lecture n'est possible, diluer les échantillons en conséquence. L'extrait est ensuite acidifié par brassage avec 0,1 mL (2 gouttes) de HCl 1,0 *N*, et la fluorescence est relevée encore une fois (Ra). L'acidification transforme toute la chlorophylle présente dans l'extrait en phéophytine. La chlorophylle et la phéophytine présentent une fluorescence différente par unité de poids. L'extrait initial contient, en plus de la chlorophylle, une certaine proportion de phéophytine; la fluorescence de celle-ci doit donc être soustraite de Rb avant que l'on puisse déterminer la vraie fluorescence attribuable à la chlorophylle seule.

L'acidification d'une solution de chlorophylle *a* pure se traduit par une réduction de 40 % de la DO_{663}, entraînant un rapport de *DO* « avant / après » ($663_b/663_a$) de 1,70. Les échantillons qui ont un rapport $663_b/663_a$ de 1,70 sont considérés comme exempts de phéophytine *a* et contiennent des populations d'algues consistant principalement en organismes intacts qui ne sont pas en état de décomposition. Les échantillons contenant de la phéophytine *a* mais pas de chlorophylle *a* n'affichent aucune réduction de la DO_{663} à l'acidification et ont un rapport $663_b/663_a$ de 1. Les échantillons contenant les deux pigments ont des rapports qui se situent entre 1 et 1,7.

Production primaire

On appelle production primaire le rythme auquel le carbone inorganique est converti en une forme organique par les plantes chlorophylliennes. On peut l'évaluer en mesurant les changements dans les concentrations d'oxygène ou de dioxyde de carbone dans les milieux aquatiques. Le pH augmente proportionnellement à la disparition du dioxyde de carbone contenu dans les eaux, et l'absorption du dioxyde de carbone peut être déterminée à partir du pH. Toutefois, la présence de fortes teneurs en carbonate dans les eaux rend la méthode impraticable. Les deux méthodes *in situ* le plus couramment utilisées pour mesurer l'absorption du dioxyde de carbone sont la méthode du carbone 14 et la méthode de l'oxygène (APHA, 1976).

La méthode du carbone 14 (Vollenweider, 1971; Carlsberg, 1972; Gargas, 1975; APHA, 1976) — La détermination de la production photosynthétique au moyen de la méthode du C 14 est basée sur l'hypothèse selon laquelle le carbone marqué est assimilé par les algues proportionnellement au CO_2 normal. La quantité totale de carbone fixée pendant une certaine période peut être calculée en déterminant la quantité de C 14 présente dans le phytoplancton à la fin de l'expérience. Cette technique est très sensible et tout à fait précise particulièrement dans les eaux oligotrophes. Elle ne nécessite pas d'expériences de longue durée, comme c'est le cas de la méthode de l'oxygène.

Les radiations utilisées par la photosynthèse se situent dans la bande 390–710 nm (Wetzel et Likens, 1979). L'éclairement est habituellement mesuré en cal·g/cm^2/min (= langley/min). L'éclairement à la surface du plan d'eau peut être mesuré à l'aide d'un pyrhéliomètre ou d'un solarimètre. Sous l'eau, l'intensité lumineuse se mesure habituellement à l'aide de photomètres équipés de cellules photo-électriques au sélénium ou de cellules photovoltaïques au silicone. Certains photomètres munis de senseurs quantiques peuvent mesurer directement en $\mu E \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ les radiations de photosynthèse dans la bande du spectre de 400 à 700 nm.

Les particules, mortes ou vivantes, qui se trouvent dans l'eau ainsi que les composés organiques dissous, tels que les acides fulviques et humiques, absorbent ou dispersent la lumière. La pénétration de la lumière est supérieure dans les eaux peu productives. La profondeur de compensation est également affectée par la latitude, la saison et l'heure de la journée. La lumière est absorbée dans une proportion logarithmique par l'eau de mer; dans les 10 premiers mètres de profondeur, environ 80 % du rayonnement solaire total est absorbé et seulement 50 % des longueurs d'onde visibles persistent, même dans les eaux les plus claires. Un pour cent de la lumière visible incidente atteint environ 120 m dans les eaux limpides des océans tropicaux. Dans les eaux boréales, la même réduction à 1 % est atteinte à 50 m et dans les eaux littorales turbides, entre 10 et 20 m (Raymont, 1966). La visibilité mesurée au disque de Secchi (disque blanc, diamètre de 20 à 25 cm) est fonction de la réflexion de la lumière sur la surface du disque. La visibilité ainsi mesurée affiche une bonne corrélation avec la transmission en pourcentage, mais peut varier de 1 à 15 % par rapport aux mesures effectuées à l'aide de photomètres placés sous l'eau (Wetzel, 1975). Le tableau 2, qui donne les lectures au disque de Secchi et le pourcentage de transmission de la lumière, peut être utilisé pour calculer les profondeurs dans les expériences de mesure de la production primaire au C 14. Une bonne utilisation du disque de Secchi permet de déterminer certaines profondeurs correspondant à un pourcentage donné d'éclairement par rapport à l'éclairement de surface. Prélever les échantillons d'eau à des profondeurs correspondant à 100, 60, 30, 16 et 1 % d'éclairement.

Les échantillons d'eau doivent être immédiatement transférés dans deux bouteilles à D.B.O. en verre de 300 mL, dont l'une doit être transparente et l'autre opaque. Cette dernière sert à mesurer la fixation à l'obscurité. Normalement cette fixation doit être déterminée pour chaque profondeur, mais pour les travaux répétitifs, il suffit parfois de prélever une bouteille obscure à un niveau sur deux. Les bouteilles sont gardées dans une boîte obscure à l'abri du rayonnement du soleil. Dans chaque échantillon, il faut ajouter 1 mL de solution de $NaH^{14}CO_3$ (4 µC). La gamme des concentrations de travail varie entre 1 et 110 µC/mL. (Pour calculer la quantité réelle de carbone radioactif ajoutée à la bouteille d'incubation, voir Strickland et Parsons, 1972.) Introduire la solution au fond de la bouteille à l'aide d'une petite pipette munie d'une poire de caoutchouc, en évitant de renverser. Rincer l'ampoule avec un petit volume d'échantillon et vider la pipette dans la bouteille. Remettre les bouteilles dans la boîte opaque jusqu'à ce que tous les échantillons soient prêts. Attacher ensuite les bouteilles à une corde et les suspendre à leur profondeur d'origine, accrochées à un flotteur.

Le temps d'incubation est généralement de 4 heures, entre 9 h et 15 h. Des temps d'exposition plus longs peuvent diminuer la précision des résultats. À la fin de la période d'incubation, remonter les bouteilles à bord et, si possible, filtrer immédiatement 5 mL de chaque échantillon sur un filtre Millipore de 25 mm sous une pression de 0,5 kPa ($4{,}935 \times 10^{-3}$ atm). (Sous un vide plus poussé, les cellules risquent d'être déformées ou endommagées.) Placer les bouteilles à l'obscurité et les transporter rapidement vers un laboratoire à terre. À l'aide de forceps non contaminés, enlever la membrane, la placer dans des flacons à scintillation en verre de 20 mL et y ajouter 0,1–1,0 mL de HCL 5 *N* (Lean et Burnison, 1979). Après 2 ou 3 heures, ajouter un 1,0 mL de Solvene 350 (Packard) dans chaque flacon. Après dissolution complète, ajouter 1 ou 2 gouttes de peroxyde d'hydrogène et laisser

TABLEAU 2. Profondeurs de disparition du disque de Secchi, coefficients d'extinction approximatifs, % de transmission, et niveaux d'éclairement. Secchi (m) est la moyenne des profondeurs auxquelles le disque de Secchi disparaît et auxquelles il réapparaît lors de la remontée, après avoir été abaissé au-delà du seuil de visibilité, observé du côté ombre du bateau.

Secchi (m)	K[a]	% transmission	Profondeurs selon les pourcentages d'éclairement de surface (m)				
			100 %	60 %	30 %	16 %	1 %
5	0,340	71	0	1,5	3	6	16
6	0,284	75	0	2	4	7	18
7	0,243	78	0	2	4	7	19
8	0,212	80,5	0	2,75	6	8	21
9	0,188	82,5	0	3	6,5	10	23
10	0,170	84,5	0	3,5	7	12	26
11	0,154	86	0	3,5	8	13	29
12	0,142	86,8	0	4	8,5	14	30,5
13	0,131	88	0	4,5	9	14	32,5
14	0,121	88,5	0	4,5	9,5	15	34
15	0,113	89,5	0	4,75	11,5	17	39
16	0,106	90	0	4,75	11,5	17	42
17	0,100	90,5	0	5	13	17,5	43
18	0,095	91	0	6	15	18	45
19	0,089	91,5	0	5	13	19	48
20	0,085	91,8	0	6	14	20	50
21	0,081	92	0	6	15	22,5	54
22	0,077	92,5	0	6	16	24	60
23	0,074	92,8	0	7	18	25	65
24	0,070	93	0	7	20	28	70
25	0,068	93,5	0	8	22	30	75

[a] K = coefficient d'extinction

reposer 2 heures ou plus pour le blanchiment. Ajouter au contenu incolore des flacons 10 mL de PCS à 90 % (de Nuclear Chicago) ou 5 mL de tout autre scintillateur liquide tel que le Bray à base de Dioxane, l'Instagel ou le Bio-Solv BB3, et bien refermer les flacons. L'activité absolue du ^{14}C de la solution est déterminée par mesure de la scintillation avant et après l'addition d'une quantité connue d'hexadécane ^{14}C étalon.

Pour fins d'identification, les filtres doivent porter le numéro des échantillons. Déterminer la température, la salinité, l'alcalinité et le pH de chacun des échantillons pour chacune des profondeurs d'échantillonnage. À partir de ces données, il est possible de calculer la quantité totale de CO_2 dans l'eau sur un nomogramme (APHA, 1976, p. 297).

En soustrayant les valeurs obtenues pour la fixation à l'obscurité (bouteilles obscures) des valeurs pour la fixation à la lumière (bouteilles éclairées), on obtient la production primaire nette des organismes phytoplanctoniques. Lorsqu'il faut déterminer la photosynthèse pour toute la journée, l'éclairement solaire doit être mesuré du lever au coucher du soleil à l'aide d'un instrument d'intégration (pyrhéliomètre). Le temps d'exposition est multiplié par le quotient suivant :

$$\frac{\text{Éclairement total du lever au coucher du soleil}}{\text{Éclairement pendant le temps d'exposition}}$$

Intégrer la production pour toute la profondeur de la zone euphotique et exprimer les résultats en grammes de carbone fixé par mètre carré par jour (voir APHA, 1976).

Les sources probables d'erreur sont les suivantes :

1) Cette méthode vaut pour des bouteilles disposées verticalement. Lorsque les bouteilles sont placées horizontalement l'assimilation est supérieure de 10 à 30 %.

2) Le taux de changement doit être déterminé dans chaque zone d'analyse et pour tout changement majeur observé dans le stock de phytoplancton ou dans le milieu aquatique.

Calculs :

$$\text{Taux de photosynthèse mesuré au radiocarbone } (\text{mg/m}^3\text{/h de C}) = \frac{(R_s - R_b) \times W \times 1{,}05 \text{ ou } 1{,}1}{R \times N}$$

où :

R_s = coups/min, filtres de la bouteille éclairée
R_b = coups/min, filtres de la bouteille obscure
W = quantité totale de carbone inorganique contenu dans les échantillons, en mg/m^3 C
1,05 ou 1,1 = facteur qui permet de compenser le fait que l'isotope ^{14}C se comporte quelque peu différemment de l'isotope ^{12}C que l'on trouve dans la nature
R = nombre normal de coups/min (ampoule)
N = temps d'incubation (h)

Les principaux inconvénients de la méthode au carbone 14 sont son coût élevé, la nécessité d'obtenir un permis pour l'utilisation du carbone 14 et l'incertitude relative au sujet de la nature exacte des taux qui sont mesurés.

La méthode de l'oxygène — On peut mesurer indirectement la production du phytoplancton en évaluant soit l'absorption du dioxyde de carbone soit la libération d'oxygène dans le processus de photosynthèse. Pour chaque mole de dioxyde de carbone incorporée au carbone organique, une mole d'oxygène est libérée. De l'oxygène peut être ajouté à l'eau par l'activité photosynthétique des algues ou en être extrait par la respiration des animaux et des plantes. L'oxygène peut être mesuré très précisément à l'aide de la méthode de Winkler (Strickland et Parsons, 1972). Pendant la photosynthèse, la production d'oxygène dépasse généralement la respiration des organismes photosynthétiques. Par conséquent, la quantité d'oxygène ajoutée permet de mesurer la production nette ou la quantité de dioxyde de carbone fixée sous forme de carbone.

On peut mesurer la production primaire dans une colonne d'eau de 1 m^2 allant du fond jusqu'à la surface en contrôlant les changements dans la teneur en oxygène à différentes profondeurs. Pour cela, suspendre deux bouteilles à D.B.O. à bouchon de verre (une bouteille éclairée et une autre obscure) contenant de l'eau et des organismes planctoniques aux diverses profondeurs dans la colonne d'eau; relever les changements de la teneur en oxygène dans les bouteilles à intervalles de 3 à 10 heures sur une période de 24 heures. Les changements observés dans la bouteille éclairée sont le résultat de la production d'oxygène par photosynthèse et de sa disparition due à la respiration. Les bouteilles obscures permettent de mesurer le taux de respiration.

Préparer 3 bouteilles à D.B.O. (2 bouteilles éclairées et 1 bouteille obscure). Remplir les bouteilles d'échantillons d'eau naturelle et de phytoplancton prélevés aux profondeurs où elles seront suspendues par la suite. Suspendre une bouteille éclairée et une bouteille obscure aux profondeurs choisies (0,5, 1,5, 2,5, 3,5 m et ainsi de suite) dans la colonne d'eau à l'aide d'un fil muni d'un poids; laisser incuber pendant 3 à 10 heures. Fixer le contenu de la troisième bouteille au début de l'expérience à l'aide de réactifs Winkler. Après la période d'incubation, fixer aussi le contenu des bouteilles éclairée et obscure et titrer l'oxygène des trois bouteilles.

La respiration totale, la production primaire brute et la production nette peuvent être calculées à partir des changements observés dans la teneur en oxygène, selon la méthode décrite par Strickland et Parsons (1972). Vollenweider (1969) donne de plus amples informations sur cette méthode. Pour calculer la production primaire nette dans toute la colonne d'eau, multiplier chaque valeur de production nette par la longueur de la colonne qu'elle représente et en faire la somme pour toute la colonne.

Calculs (Vollenweider, 1969) :

$$\text{Photosynthèse nette } (\text{mg·m}^{-3}\text{h}^{-1}\text{ de C}) = \frac{(\text{bout. éclairée} - \text{bout. témoin}) \times K_1 \times K_2}{N \cdot PQ}$$

$$\text{Respiration } (\text{mg·m}^{-3}\text{h}^{-1}\text{ de C}) = \frac{(\text{bout. éclairée} - \text{bout. obscure}) \times K_1}{N}$$

$$\text{Photosynthèse brute } (\text{mg·m}^{-3}\text{h}^{-1}\text{ de C}) = \frac{(\text{bout. éclairée} - \text{bout. obscure}) \times K_1 \times K_2}{N \cdot PQ}$$

où :

K_1 = Facteur de conversion du volume de la bouteille en m^3
K_2 = Constante de conversion des mg O_2 en mg C (= 12/32)
N = Nombre d'heures d'incubation
PQ = Quotient de photosynthèse

Odum (1956) a utilisé les mesures de l'oxygène dans l'eau s'écoulant entre deux points fixes pour calculer la production du plancton et des organismes connexes comme suit :

$$Q = P - R + Din + A$$

où :

Q = taux de changement de la teneur en oxygène dissous entre les deux stations d'échantillonnage situées à une distance pré-établie l'une de l'autre
P = taux de production primaire brute par unité de superficie
R = taux de respiration par unité de superficie
Din = taux d'absorption de l'oxygène dans la masse d'eau par diffusion
A = vitesse d'écoulement (habituellement négligeable)

Pour de plus amples informations sur cette méthode, voir le document de l'APHA (1976).

Après établissement des courbes diurnes de la teneur en oxygène, on peut calculer la production. On suppose généralement que toute la zone à l'étude connaît en tous ses points un changement simultané de la concentration de l'oxygène.

Sources d'erreur dans la méthode de l'oxygène — Les inconvénients de la méthode de l'oxygène sont les suivants :

1) Les températures dans les bouteilles obscures peuvent varier quelque peu, la respiration se faisant à des rythmes différents dans les bouteilles éclairées et les bouteilles obscures.

2) Des composés autres que des hydrates de carbone peuvent être synthétisés, notamment dans les cultures de diatomées, ce qui influe sur la quantité d'oxygène produite.

3) Les poussées, notamment celles de bactéries marines, tendent à être plus importantes dans les bouteilles obscures.

4) Ces expériences ne conviennent pas aux eaux à faibles concentrations de phytoplancton comme celles des secteurs oligotrophes de l'océan.

5) Cette méthode ne convient pas aux expériences menées dans les eaux littorales très riches et fortement polluées, notamment dans les eaux ayant de fortes populations bactériennes, ce qui est généralement le cas dans l'estuaire de la St. Croix, où la méthode du ^{14}C est recommandée.

Détermination de la biomasse (« Standing Crop »)

Il est possible d'évaluer la biomasse du phytoplancton à partir du nombre d'organismes par unité de volume ou biovolume (volume cellulaire), de la surface cellulaire, du poids sec et sans cendre, du carbone total, de l'azote total, de l'adénosine triphosphate dans le plancton et de la teneur en chlorophylle. La variabilité de la taille des phytoplanctontes ne permet pas d'évaluer avec certitude la biomasse à partir du nombre de cellules (APHA, 1976). L'indice du volume cellulaire du phytoplancton est établi à l'aide de la configuration la plus simple qui convient à la forme de la cellule mesurée (Vollenweider, 1971) et les données peuvent être enregistrées en volume par volume (APHA, 1976). Les surfaces cellulaires peuvent être utilisées d'une façon semblable.

Le poids sec et sans cendre du phytoplancton est une des valeurs les plus utiles pour exprimer la biomasse planctonique (Lovegrove, 1966). Le poid sec s'obtient par dessication du plancton à 105°C pendant 24 h; le poid sans cendre s'obtient par combustion de l'échantillon sec à 500°C pendant 1 h et refroidissement dans un dessiccateur avant la pesée (APHA, 1976). Un poids sec de 10 mg est généralement considéré comme équivalent à 100 mg de poids humide (Weber, 1973). Cummins et Wuycheck (1971) recommandent certaines méthodes avec des corrections pour déterminer les valeurs caloriques (par gramme de poids humide, sec et sans cendre) pour les producteurs primaires. Les écologistes convertissent souvent les données caloriques en données sur la biomasse afin d'établir des corrélations avec d'autres niveaux trophiques ou taxons. Ainsi les valeurs caloriques du phytoplancton peuvent servir d'indice de la biomasse.

Crippen et Perrier (1974) ont décrit l'utilisation de la teinture au rouge neutre pour déterminer le rapport organismes vivants / organismes morts chez les diatomées. Pour évaluer la biomasse totale de plancton viable, il est utile de mesurer l'adénosine triphosphate (ATP) (APHA, 1976). On a proposé le titrage coulométrique préalable pour étalonner la méthode de la succinate-déshydrogénase utilisée dans l'évaluation du taux de respiration du plancton marin (Packard et Healy, 1968). Qureshi et Patel (1976) ont fait une revue de la méthode d'évaluation de la biomasse par dosage de l'ATP et en sont arrivés à la conclusion que l'ATP est un indice fiable de la biomasse, bien que sa teneur varie d'une espèce à l'autre (APHA, 1976). Toutefois, d'autres études critiques sur la méthodologie devront être réalisées avant que cette méthode puisse être utilisée régulièrement (Qureshi et Patel, 1976).

Il est possible d'évaluer la biomasse de façon indirecte à partir de l'assimilation des sels nutritifs (azote, phosphore). Toutefois, les éléments comme le phosphore sont rapidement recyclés, et les évaluations ne peuvent donner que les limites inférieures de la production primaire. Le rapport entre la teneur des cellules en carbone organique et le volume ou la suface cellulaire pourrait être un indice général relativement constant pour de nombreuses algues (Wetzel et Likens, 1979). Un traitement détaillé de la composition chimique du phytoplancton en fonction des mesures de la production a été réalisé par Strickland (1960).

Liste du phytoplancton de la baie Passamaquoddy

BACILLARIOPHYCÉES

Achnanthes longipes Agardh
A. subsessilis Kützing
A. taeniata Grunow
Actinoptychus senarius (Ehrenberg) Ehrenberg
Amphiprora alata (Ehrb.) Kützing
Amphora ovalis Kützing
Asterionella japonica cleve et Moller ex Gran
Auliscus sculptus (Wm. Smith) Ralfs in Pritchard

Bacillaria paxillifer (O.F. Muller) Hendey
Bacteriosira fragilis Gran
Biddulphia alternans (Bailey) Van Heurck
B. aurita (Lyngb.) de Brébisson
B. Baileyi Wm. Smith
B. mobiliensis (Bailey) Grunow ex Van Heurck
B. pulchella Gray
Brebissonia boeckii (Ehrenberg) Grenow

Campylodiscus Grunow
Ceratulina pelagica (cleve) Hendey
Chaetoceros atlanticum cleve
Ch. boreale Bailey
Ch. compressus Lauder
Ch. concavicorne Magnin
Ch. constrictus Gran
Ch. convolutum castracane
Ch. curvisetum cleve
Ch. danicum cleve
Ch. debile cleve
Ch. decipiens cleve
Ch. diadema Ehrenberg
Ch. didymum Ehrenberg
Ch. furcellatum Bailey
Ch. laciniosum Schütt
Ch. lorenzianum Grunow
Ch. radians Schütt
Ch. sociale Lauder
Ch. teres cleve
Ch. Willei Gran
Cocconeis scutellum Ehrenberg
Corethron criophilum castracane
Coscinodiscus asteromphalus Ehrenberg
C. centralis Ehrenberg
C. concinnus Wm. Smith
C. eccentricus Ehrenberg
C. normani Gregory in Greville
C. oculus – iridis Ehrenberg
C. radiatus Ehrenberg
Cyclotella compta (Ehrenberg) Kützing

Detonula confervacea (cleve) Gran
Diatoma elongatum (Lyngbye) Agardh
Diploneis didyma (Ehr.) Ehr.
D. elliptica (Kütz.) cleve
D. smithii (de Brébisson) cleve
Ditylum brightwellii (T. West) Grun ex Van Heurck

Endictya oceanica Ehrenberg
Epithemia musculus Kützing

Eucampia zoodiacus Ehrenberg
Eupodiscus radiatus Bailey

Fragilaria capucina Desmazieres

Gomphonema acuminatum Ehrenberg
G. marinum (Kützing) Wm. Smith
Grammatophora marina (Lyngbye) Kütz.
G. serpentina Ehrenberg
Guinardia flaccida (Castr.) H. Perg.

Hyalodiscus scoticus (Kütz.) Grunow

Isthamia enervis Ehrenberg
I. nervosa Kützing

Leptocylindrus danicus cleve
Licmophora lyngbyei (Kützing) Grunow ex Van Heurck

Mastogloia smithii Thwaites ex Wm. Smith
Melosira crenulata (Ehrenberg) Kütz.
M. hyperborea Grunow ex cleve et Moller
M. juergensii C. A. Agardh
M. moniliformis (O.F. Müller) Agardh
M. nummoloides (Dillwyn) C.A. Agardh
M. subflexilis Kützing
M. varians C.A. Agardh

Navicula bahusiensis (Grunow) cleve
N. crucigera (Wm. Smith) cleve
N. distans (Wm. Smith) Ralfs
N. marina Ralf in Pritchard
N. peregrina Kützing
Nitzschia bilobata Wm. Smith
N. closterium Wm. Smith
N. seriata cleve

Paralia sulcata (Ehrenberg) cleve
Pinnularia major (Kütz.) Rabh.
P. viridis (Nitz.) Ehr.
Pleurosigma aesturii (de Brébisson ex Kützing) Wm. Smith
Pl. angulatum Wm. Smith
Pl. attenuatum Wm. Smith
Pl. balticum Wm. Smith
Pl. decorum Wm. Smith
Pl. elongatum Wm. Smith
Pl. fasciola Wm. Smith
Pl. formosum Wm. Smith
Pl. intermedium Wm. Smith
Pl. spenceri Grunow
Pl. strigosum Wm. Smith

Rhabdonema arcuatum (Lyngbye) Kütz.
Rhaphoneis amphiceros (Ehr.) Ehrenberg
Rhizosolenia alata Brightwell
R. alata forma *gracillima* (cleve) Gran
R. hebetata Bailey
R. obtusa Hensen
R. setigera Brightwell
R. shrubsolei cleve
R. styliformis Brightwell
Rhopalodia gibba (Ehrenberg) O. Müller

Skeletonema costatum (Greville) cleve

Stauroneis Ehr.
Striatella unipunctata (Lyngbye) Agardh
Surirella gemma (Ehrenberg) Kützing
S. ovalis de Brébisson
S. smithii Ralfs
Synedra pulchella Kützing
S. radians (Kützing) Grun

Thalassionema nitzschoides Grunow
Thalassiosira nordenskioldii cleve
T. gravida cleve
Thalassiothrix longissima cleve et Grunow

CHRYSOPHYCÉES

Distephanus speculum (Ehrenberg) Haeckel

DINOPHYCÉES

Ceratium furca (Ehrenberg) claparède et Lachman
C. fusus (Ehrenberg) Dujardin
C. tripos (O.F. Müller) Nitzseh

Dinophysis norvegica claparède et Lachmann

Gonyaulax excavata (Braarud) Balech

Peridinium depressum Bailey

Remerciements

Je remercie les auteurs des ouvrages utilisés dans le présent rapport. Je désire également remercier les Drs Alan W. White, S.V. Durvasula et Sita Devi pour leur collaboration et leur aide. Je voudrais par ailleurs exprimer toute ma reconnaissance au Dr Martin L.H. Thomas pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail et pour sa précieuse collaboration.

Bibliographie

ANON. 1978. A guide to the literature for identification. p. 154–159. *Dans* Phytoplankton manual. UNESCO Monogr. Oceanogr. Methodol. 11.

APHA (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION). 1976. Standard methods for the examination of water and waste water including bottom sediments and sludges. 13e éd. New York, NY. 1193 p.

ANITA, N.J., C.D. MCALLISTER, T.R. PARSONS, K. STEPHENS ET J.D.H. STRICKLAND. 1963. Further measurements of primary production using a large-volume plastic sphere. Limnol. Oceanogr. 8 : 166–183.

BAILEY, L.W. 1910. The marine and estuarine diatoms of the New Brunswick coasts. Bull. Nat. Hist. Soc. N.B. 6 : 219–239.

1912. Some recent diatoms, freshwater and marine from the vicinity of the Biological Station, St. Andrews, N.B., August 20–30, 1909. Contrib. Can. Biol. 1906–1910 : 243–264.

1913a. The diatoms of New Brunswick and Prince Edward Island. Trans. R. Soc. Can. 7 : 57–76.

1913b. Diatoms of New Brunswick. III. Forms from the north shore. Bull. Nat. Hist. Soc. N.B. 6 : 387–417.

1915. The plankton diatoms of the Bay of Fundy. Contrib. Can. Biol. 1915–16 (1917) : 11–23. Suppl. 6th Annu. Rep. Dep. Naval Serv., Direction des pêches, Ottawa (Ont.).

1917a. Notes of the phytoplankton of the Bay of Fundy and Passamaquoddy Bay. Contrib. Can. Biol. 1915–1916 : 93–107.

1917b. The geological features of the St. Croix River and Passamaquoddy Bay. Contrib. Can. Biol. 1915–1916 : 109–112.

BAILEY, L.W. ET A.H. MACKAY. 1921. Diatoms of Canada. Contrib. Can. Biol. 1918–1920 : 115–124.

1924. An annotated catalogue of the diatoms of Canada, showing their geographical distribution. Contrib. Can. Biol. New Ser. 2 : 31–68.

BAILEY, W.B. 1957. Some features of the oceanography of the Passamaquoddy region. Fish. Res. Board Can. MS Rep. (Oceanography and Limnology) 2 : 1–30.

BAILEY, W.B., D.G. MACGREGOR ET H.B. HACHEY. 1954. Annual variations of temperature and salinity in the Bay of Fundy. J. Fish. Res. Board Can. 11 : 32–47.

BALLANTINE, D. 1953. Comparison of the different methods of estimating nanoplankton. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 32 : 129–148.

BANSE, K., C.P. FALLS ET L.A. HOBSON. 1963. A gravimetric method for determining suspended matter in seawater using Millipore filters. Deep-Sea Res. 10 : 639–642.

BEERS, J.R. ET G.L. STEWART. 1969. Microzooplankton and its abundance relative to the zooplankton and other seston components. Mar. Biol. 4 : 182–189.

BIGELOW, H.B. 1922. Exploration of the coastal water off the northeastern United States in 1916 by the U.S. Fisheries schooner *Grampus*. Bull. Mus. Comp. Zool. 65 : 87–188.

1926. Plankton of the offshore waters of the Gulf of Maine. Bull. U.S. Bur. Fish. 40 : 1–509.

BIGELOW, H.B., L. LILLICK ET M. SEARS. 1940. Phytoplankton and planktonic protozoa of the offshore waters of the Gulf of Maine. Part I. Numerical distribution. Trans. Am. Philos. Soc. 31 : 149–191.

BOLD, H.C. 1942. The cultivation of Algae. Bot. Rev. 8 : 69–138.

BOLD, H.C. ET M.J. WYNNE. 1978. Introduction to the algae, structure and reproduction. Prentice-Hall. 708 p.

BORDY, S. 1945. Bioenergetics and growth. Van Nos Reinhold Co., New York, NY. 1023 p.

BOUGIS, P. 1974. Écologie du Plancton Marin. Tome I. Phytoplankton. Tome II. Zooplancton. Masson et Cie, Paris. 196, 200 p.

BRAARUD, T. ET B.R. HEIMDAL. 1970. Brown water on the Norwegian Coast in autumn 1966. Botanikk. 17 : 1–5.

BRIAND, F. ET E. MCCAULEY. 1978. Cybernetic mechanisms in lake plankton systems : how to control undesirable algae. Nature 273 : 228–230.

BRUNEL, J. 1962. Le phytoplancton de la Baie des Chaleurs. Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal (Québec). 365 p.

SERVICE HYDROGRAPHIQUE DU CANADA. 1977. Tables des marées et courants du Canada, vol 1, Côte de l'Atlantique et baie de Fundy. Environnement Canada, Ottawa (Ont.).

CARLSBERG, S.R. 1972. New Baltic manual with methods for sampling and analyses of physical, chemical and biological parameters. Coop. Res. Rep., ICES Ser. A. 29 : 1–145.

CLEVE, P.T. 1894 et 1895. Synopsis of the naviculoid diatoms. K. Sven. Vetenskapsakad. Handl. 26 : 1–194; 27 : 1–219.

CLEVE-EULER, A. 1915. New contributions to the diatomaceous flora of Finland. Ark. Bot. 14 : 1–81.

1951–55. Die Diatomeen van Schweden und Finnland. K. Sven. Vetenskapsakad. Handl. Ser. 4 I. 2 : 1–163 (1951); 3 : 1–153 (1952); II. 4 : 1–255 (1953b); IV. 5 : 232 (1955).

CRAIGIE, H.E. 1916a. Hydrographic investigations in the St. Croix River and Passamaquoddy Bay in 1914. Contrib. Can. Biol. 1914–1916 Sess. Pap. 38a : 151–161.

1916b. A hydrographic section of the Bay of Fundy in 1914. Contrib. Can. Biol. 1914–1916 Sess. Pap. 38a : 162–167.

CRIPPEN, R.W. ET J.L. PERRIER. 1974. The use of neutral red and Evans blue for live-dead determinations of marine plankton. Stain Technol. 49 : 97–104.

CUMMINGS, L.M. 1967. Geology of the Passamaquoddy Bay Region, Charlotte County, N.B. Geol. Surv. Can. Pap. 65–29.

CUMMINS, K.W. ET J.C. WUYCHECK. 1971. Caloric equivalents for investigations in ecological energetics. Communications. N° 18 : International Association of theoretical and applied limnology. 158 p.

CUPP, E.E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. University of California Press, Berkeley, CA. 238 p.

DAVIDSON, V.M. 1934. Fluctuations in the abundance of planktonic diatoms in the Passamaquoddy Region, New Brunswick, from 1924 to 1931. Contrib. Can. Biol. Fish. 8 : 359–407.

DERENBACH, J.B. 1969. The homogenization of phytoplankton for the determination of chlorophyll. Kieler Meeresforsch. 25 : 166–172.

DUBOIS, M., K.A. GILLES, J.K. HAMILTON, P.A. REBERS ET F. SMITH. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem. 28 : 350–356.

FINK, L.K., JR., D.M. POPE, A.B. HARRIS ET L.L. SCHOCK. 1976. Heavy metals levels in suspended particulates, biota and sediment of the St. Croix Estuary in Maine. Land and Water Resources Institute, University of Maine, Orono, ME.

FISH, J. ET W. JOHNSON. 1937. The biology of the zooplankton population in the Bay of Fundy and Gulf of Maine with special reference to production and distribution. J. Biol. Board Can. 3 : 189–322.

FOGG, G.E. 1963. The role of algae in organic production in aquatic environments. Br. Phycol. Bull. 2 : 195–205.

FORGERON, F.D. 1959. International Passamaquoddy Fisheries Board Report to the International Joint Commission. Chap. 1. Temperature and salinity in the Quoddy Region. Annexe I (Oceanography). 44 p.

FORRESTER, W.D. 1959. International Passamaquoddy Fisheries Board Report to International Joint Commission. Chap 3. Current measurements in Passamaquoddy Bay and the Bay of Fundy 1957 and 1958. 5 p.

FOURNIER, R.O. 1978. Membrane filtering and membrane filters for estimating cell numbers, p. 108–114, 190. *Dans* Phytoplankton Manual. UNESCO Monogr. Oceanogr. Methodol. 11.

FRITZ, C.W. 1921. Plankton diatoms, their distribution and bathymetric range in St. Andrews waters. Contrib. Can. Biol. 1918–1920, 4 : 49–62.

GARGAS, E. 1975. A manual for phytoplankton primary production studies in the Baltic. Publié en collaboration avec les Baltic Marine Biologists, Danish Agency of Environmental Protection. 88 p.

GRAHAM, M. 1936. Investigations of the herring of Passamaquoddy and adjacent regions. J. Biol. Board Can. 2 : 95–140.

GRAN, H.H. 1919. Quantitative investigations as to phytoplankton and pelagic protozoa in the Gulf of St. Lawrence and outside the same. Can. Dept. Nav. Serv., Can. Fish. Exped. 1914–1915 : 487–495.

1933. Studies on the biology and chemistry of the Gulf of Maine. II. Distribution of phytoplankton in August, 1932. Biol. Bull. 64 : 159–182.

GRAN, H.H. ET T. BRAARUD. 1934. A quantitative study of the phytoplankton in the Bay of Fundy and the Gulf of Maine (including observations on hydrography, chemistry and turbidity). J. Biol. Board Can. 1 : 279–467.

GRIFFITH, R.E. 1961. Phytoplankton of Chesapeake Bay. An illustrated guide to the genera. Hood College Monogr. 1,

Contrib. 172 : 79 p. Chesapeake Biological Laboratory, Maryland Department of Research and Education, Solomons, Maryland.

GUILLARD, R.R.L. 1978. Counting slides, p. 182–189. *Dans* Phytoplankton manual. UNESCO Monogr. Oceanogr. Methodol. 11.

GUILLARD, R.R.L. ET J.H. RYTHER. 1962. Studies on marine planktonic diatoms I. *Cyclotella nana* Hustedt and *Detonula confervacea* (cleve) Gran. Can. J. Microbiol. 8 : 229–239.

HACHEY, H.B. ET W.B. BAILEY. 1952. The general hydrography of the waters of the Bay of Fundy. Fish. Res. Board Can. MS Rep. (Biol. Ser.) 455 : 100 p.

HALL, A.A. ET R. MOLL. 1975. Methods of assessing aquatic primary productivity, p. 19–53. *Dans* H. Leith et R.H. Whittaker [éd.]. Primary productivity of the biosphere. Springer-Verlag New York Inc., New York, NY.

HARGRAVE, B.T. ET G.H. GREEN. 1970. Effects of copepod grazing on two natural phytoplankton populations. J. Fish. Res. Board Can. 27 : 1395–1403.

HASLE, G.R. 1978. Identifications problems, p. 125–142. *Dans* Phytoplankton manual. Monogr. Oceanogr. Methodol. 11. SCOR-UNESCO. Paris.

HEIMDAL, B.R. 1978. Coccolithophorids, p. 148–150. *Dans* Phytoplankton manual. UNESCO Monogr. Oceanogr. Methodol. 11.

HENDEY, N.I. 1964. An introductory account of smaller algae of British coastal waters. *V. Bacillariophyceae* (Diatoms). Her Majesty's Stationery Office, Londres. 318 p.

HOLM-HANSEN, O. ET B. RIEMANN. 1978. Chlorophyll a determination, improvement and methodology. Oikos 30 : 438–447.

HOLM-HANSEN, O., C.J. LORENZEN, R.W. HOLMES ET J.D.H. STRICKLAND. 1965. Fluorometric determination of chlorophyll. J. Cons. Cons. Int. Explor. Mer 30 : 3–15.

HUBER-PESTALOZZI, G. ET F. HUSTEDT. 1942. Das Phytoplankton des Susswassers, p. 365–549. *Dans* A. Theinemann [éd.]. Die Binnengewasser, Band XVI, Teril II, Halfte II. E. Schweizerbart' sche Verlagsbuch–handlung, Stuttgart. (Réimprimé 1962, Stechert, New York, NY.)

HULBERT, E.M. 1964. Succession and diversity in the plankton flora of the western North Atlantic. Bull. Mar. Sci. Gulf Caribb. 14 : 33–44.

HULBERT, E.M. ET J. RODMAN. 1963. Distribution of phytoplankton species with respect to salinity between the coast of southern New England and Bermuda. Limnol. Oceanogr. 8 : 263–269.

HUMPHREY, G.F. ET M. WOOTTON. 1966. Compa ison of the techniques used in the determination of phytoplankton pigments. p. 37–63. *Dans* Determination of photosynthetic pigments in sea-waters. Monogr. Oceanogr. Methodol. 1. SCOR-UNESCO, Paris.

HUNTSMAN, A.G. 1918. The effect of the tide on the distribution of the fishes of the Canadian Atlantic coast. Trans. R. Soc. Can. 4 : 61–67.

HUSTEDT, F. 1927–30. Dir Kieselalgen Deutschalnds, Österreichs und der Schweiz mit Beruchsichtigung der ü brigen Länder Europas Sowie der argenzenden Meeresgebiete. *Dans* L. Rabenhorst [éd.]. Kruptogamen-Flora 7. Partie I. 1–272; 272–464 (1928); 465–608 (1929); 609–784 (1930); 785–925 (1930).

1930. Bacillariophyta, p. 1–466. *Dans* Pascher [éd.]. Die Susswasser-Flora Mitteleuropas. 10. Gustav Fischer, Jena.

ITZHAKI, R.F. ET D.M. GILL. 1964. A micro-biuret method for estimating proteins. Anal. Biochem. 9 : 401–410.

KERR, J.D. ET D.V. SUBBA RAO. 1966. Extraction of chlorophyll a from *Nitzschia costerium* by grinding, p. 65–69. *Dans* Determination of photosynthetic pigments in sea-waters. Monogr. Oceanogr. Methodol. 1. SCOR-UNESCO, Paris.

LAUZIER, L. 1958. Surface sea-water temperatures along the Canadian Atlantic coast (1954–1957). Fish. Board Can. Atlantic Coast Stations Prog. Rep. 71 : 8–12.

LEADBEATER, B.S.C. 1978. Other flagellates, p. 151–153. *Dans* Phytoplankton Manual. UNESCO Monogr. Oceanogr. Methodol. 11.

LEAN, D.R.S. ET B.K. BURNISON. 1979. An evaluation of errors in the ^{14}C method of primary production measurement. Limnol. Oceanogr. 24 : 917–928.

LEBOUR, M.V. 1925. The Dinoflagellates of northern seas. Mar. Biol. Assoc. U.K., Plymouth. 250 p.

1930. The planktonic diatoms of northern seas. Ray Soc. Publ. 116 : 1–244.

LEGARE, J.E.H. 1961. The zooplankton of the Passamaquoddy Region. Fish. Res. Board Can. MS Rep. (Biol. Ser.) 707 : 1–37.

LEGARE, J.E.H. ET D.C. MACLELLAN. 1959. Report of the International Passamaquoddy Fisheries Board to the International Joint Commission. Annexe II, chap. 4. A qualitative and quantitative study of the plankton of the Quoddy Region in 1957 and 1958 with special reference to the food of the herring. 45 p.

LESLIE, J.K. 1978. Electronic and Utermöhl comparative techniques in quantitative analysis of freshwater particulates. Hydrobiologia 57 : 225–239.

LIETH, H. ET R.H. WHITTAKER. 1975. Primary productivity of the biosphere. Springer-Verlag, NY. 329 p.

LILLICK, L.C. 1938. Preliminary report of the phytoplankton of the Gulf of Maine. Am. Midl. Nat. 20 : 624–640.

1940. Phytoplankton and planktonic protozoa of the offshore waters of the Gulf of Maine. Part II. Quantitative composition of the planktonic flora. Trans. Am. Philos. Soc. 31 : 193–237.

LINKLETTER, L.E. E.I. LORD ET M.J. DADSWELL. 1977. A checklist of marine fauna and flora of the Bay of Fundy. Laboratoire maritime Huntsman, St. Andrews (N.-B.). 68 p.

LORENZEN, C.J. 1966. A method for the continuous measurement of in vivo chlorophyll concentrations. Deep-Sea Res. 13 : 223–227.

LOVEGROVE, T. 1966. The determination of the dry weight of plankton and the effect of various factors on the values obtained, p. 429–467. H. Barnes [éd.]. Some contemporary studies in marine science. George Allen and Unwin Ltd., Londres.

LUND, J.W.G. 1951. A sedimentation technique for counting algae and other organisms. Hydrobiologia 3 : 390–394.

LUND, J.W.G., C. KILPING ET E.D. LE CREN. 1958. The inverted microscope method of estimating alagal numbers and statistical basis of estimation by counting. Hydrobiologia. 11 : 143–170.

MACKAY, A., R. BOSIEN ET B. WELLS. 1978. Bay of Fundy resource inventory. Vol. I. St. Croix River–Passamaquoddy Bay. Final report to the New Brunswick Department of Fisheries. Ref. NB 77-1A : 1–219.

MARSHALL, H.G. 1971. Composition of phytoplankton off the southeastern coast of the United States. Bull. Mar. Sci. 21 : 806–825.

1976. Phytoplankton distribution along the eastern coast of the U.S.A. Part I. Phytoplankton composition. Mar. Biol. 38 : 81–89.

1978. Phytoplankton distribution along the eastern coast of the U.S.A. Part II. Seasonal assemblages north of Cape Hatteras, North Carolina. Mar. Biol. 45 : 203–208.

MCALICE, B.J. 1971. Phytoplankton sampling with Sedgwick-Rafter cell. Limnol. Oceanogr. 16 : 19–28.

MCALLISTER, C.D., T.R. PARSONS, K. STEPHENS ET J.D.H. STRICKLAND. 1961. Measurements of primary production in coastal sea water using a large volume plastic sphere. Limnol. Oceanogr. 6 : 237–258.

McLachan, J. 1964. Some considerations of the growth of marine algae in artificial media. Can. J. Microbiol. 10 : 769–782.

McMurrich, P.J. 1917. The winter plankton in the neighborhood of St. Andrews. Contrib. Can. Biol. 1917 : 1–10.

McNabb, C.D. 1960. Enumeration of freshwater phytoplankton concentrated on the membrane filter. Limnol. Oceanogr. 5 : 57–61.

Movchan, O.A. 1967. Phytoplankton distribution and development in the Newfoundland area in relation to seasonal variations of some abiotic factors. Oceanology 7 : 820–831.

1970. Qualitative composition of phytoplankton in the vicinity of Newfoundland. Oceanology 10 : 381–387.

Mullin, M.M. 1969. Production of zooplankton in the ocean : the present status and problems. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev. 7 : 293–314.

Odum, H.T. 1956. Primary production in flowing waters. Limnol. Oceanogr. 1 : 102–117.

Packard, T.T. et M.L. Healy. 1968. Electrochemical standardization of the dehydrogenasc assay used in the estimation of respiration rates. J. Mar. Res. 26 : 66–74.

Palmer, C.M. et T.E. Maloney. 1954. A new counting slide for nannoplankton. Amer. Soc. Limnol. Oceanogr. Spec. Publ. 21 : 6 p.

Parke, M. et S.P. Dixon. 1976. Check-list of British marine algae. 3e révision. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 56 : 527–594.

Patrick, R. et C.W. Reimer. 1966. The diatoms of the United States. Vol. 1. Academy of Natural Sciences, Philadelphia, PA. 688 p.

Phillips, J. 1973. The winkler method and primary production studies under special conditions, p. 48–54. *Dans* A guide to the measurement of marine primary production under special conditions. Monogr. Oceanogr. Methodol. 3. SCOR-UNESCO, Paris.

Platt, T. 1971. The annual production by phytoplankton in St. Margaret's Bay, Nova Scotia. J. Cons. 33 : 324–334.

Platt, T., D. Irwin et D.V. Subba Rao. 1973. Primary productivity and nutrient measurements on the spring phytoplankton bloom in Bedford Basin, 1971. Fish. Res. Board Can. Tech. Rep. 423 : 45 p.

Platt, T., R.J. Conover, R. Loucks, K.H. Mann, D.L. Deer, A. Prakesh et D.D. Sameto. 1970. Study of a eutrophicated marine basin. FAO Tech. Conf. on marine pollution and its effects on living resources and fishing, Dec. 9–18, 1970, *FIR* : MP/70/E-30 : 1–10.

Prakesh, A. 1967. Growth and toxicity of a marine dinoflagellate, Gonyaulax tamarensis. J. Fish. Res. Board Can. 24 : 1589–1606.

Prakesh, A., J.C. Medcof et A.D. Tennant. 1971. Paralytic shellfish poisoning in Eastern Canada. Bull. Fish. Res. Board Can. 177 : 93 p.

Pringsheim, E.G. 1949. Pure cultures of algae, their preparation and maintenance. Cambridge University Press, Londres. 119 p.

Provasoli, L. J.J.A. McLaughlin et M.R. Droop. 1957. The development of artificial media for marine algae. Arch. Microbiol. 25 : 392 p.

Quayle, D.B. 1969. Paralytic shellfish poisoning in British Columbia. Bull. Fish. Res. Board Can. 168 : 68 p.

Qureshi, A.A. et J. Patel. 1976. Adenosine triphosphate (ATP) levels in microbial cultures and a review of the ATP biomass estimation technique. Inland Waters Directorate, Environment Canada Sci. Ser. 63 : 33 p.

Raymont, J.E.G. 1966. The production of marine plankton, p. 117–205. *Dans* J.B. Cragg [éd.]. Advances in ecological research 3. Academic Press, Londres.

Reid, F.M.H. 1978. Permanent records, p. 113–123. *Dans* Phytoplankton Manual. Monogr. Oceanogr. Methodol. 11. SCOR-UNESCO, Paris.

Richman, S. 1958. The transformation of energy by *Daphnia pulex*. Ecol. Monogr. 28 : 273–291.

Riley, G.A. 1947. Seasonal fluctuations of the phytoplankton population in New England coastal waters. J. Mar. Res. 6 : 114–125.

Ryther, J.H. et C.S. Yentseh. 1957. Estimation of phytoplankton production in the ocean from chlorophyll and light data. Limnol. Oceanogr. 2 : 281–286.

Saifulla, S.M. 1970. The phytoplankton of the Nova Scotia Shelf. Nova Hedwigia 19 : 517–522.

Saifulla, S.M. et D.M. Steven. 1974. The phytoplankton of St. Margaret's Bay. Botanica Marina 17 : 107–112.

Schantz, E.J. 1975. Poisonous red tide organisms. Environ. Lett. 9 : 225–237.

Schiller, J. 1937. Dinoflagellatae (Peridineae). (Rabenhorst's Kryptogamenflora, Band X : 3) 1213 p.

SCOR-UNESCO Working Group. 1964. Determination of photosynthetic pigments. Report 17. 69 p.

Semina, H.J. 1978. Treatment of an aliquot sample, p. 181. *Dans* Phytoplankton Manual. UNESCO Monogr. Oceanogr. Methodol. 11.

Sheldon, R.W. 1978. Electronic counting, p. 202–214. *Dans* Phytoplankton Manual. Monogr. Oceanogr. Methodol. 11. SCOR-UNESCO, Paris.

Sournia, A. [Éd.]. 1978. Phytoplankton manual. UNESCO Monogr. Oceanogr. Methodol. 11 : 337 p. SCOR-UNESCO, Paris.

Starr, Richard C. 1964. The culture collection of algae at Indiana University. Am. J. Bot. 51 : 1013.

1971. The culture collection of algae at Indiana University — additions to the collection July 1966–July 1971. J. Phycol. 7 : 350.

Steeman Nielsen, E. 1954. An organic production in the oceans. J. Cons. Cons. Int. Explor. Mer 19 : 309–328.

1960. Dark fixation of CO_2 and measurement of organic productivity with remarks on chemosynthesis. Physiol. Plant. 15 : 348–357.

1964. Recent advances in measuring and understanding marine primary production. J. Ecol. 52 (Suppl.) : 119–130.

Stein, J.R. [Éd.]. 1973. Handbook of phycological methods : culture methods and growth measurements. Cambridge University Press, Londres. 488 p.

Strickland, J.D.H. 1960. Measuring the production of phytoplankton. Fish. Res. Board Can. Bull. 122 : 1–172.

1968. Continuous measurement of in vivo chlorophyll — a precautionary note. Deep-Sea Res. 15 : 225–227.

Strickland, J.D.H. et T.R. Parsons. 1968. A practical handbook of sea-water analysis. Fish. Res. Board Can. Bull. 167 : 1–311.

Strickland, J.D.H. et L.D.B. Terhune. 1961. The study of in situ marine photosynthesis using a large plastic bag. Limnol. Oceanogr. 6 : 93–96.

Subba Rao, D.V. 1975a. Phytoplankton production, nutrients and density structure in the shelf area of Nova Scotia and Georges Bank during August 1974. Fish. Mar. Serv. Tech. Rep. 524 : 1–272.

1975b. *Planktoniella sol* (Wallich) Shütt, (Bacilliriophyceae, Coscinodiscaeae) a new record for northwestern Atlantic coastal waters. Phycologia 14 : 183–185.

1980. Measurement of primary production in phytoplankton groups by size-fractionation and by germanic acid inhibition techniques. Oceanol. Acta 3 : 31–41.

Suschenya, L.M. 1970. Food rations, metabolism and growth of crustaceans, p. 127–141. *Dans* J.H. Steele [éd.]. Marine Food Chains. Oliver & Boyd, Edimbourg, Écosse.

Taylor, F.J.R. 1978. Dinoflagellates, p. 143–147. *Dans* Phytoplankton Manual. UNESCO Monogr. Oceanogr. Methodol. 11.

THRONDSEN, J. 1978. Centrifugation, p. 98–103. *Dans* Phytoplankton Manual. Monogr. Oceanogr. Methodol. 11. SCOR-UNESCO, Paris.

UNESCO. 1974. A review of methods used for quantitative phytoplankton studies. UNESCO Tech. Pap. Mar. Sci. 18 : 1–27.

VANLANDINGHAM, S.L. 1967–69, 1971, 1975. Catalogue of the fossil and recent genera and species of diatoms and their synonyms. A revision of F.W. Mills. An index to the genera and species of the diatomaceae and their synonyms.

Vol. 1 : Acanthoceras-Bacillaria. 1967. 493 p.
Vol. 2 : Bacteriastrum-Coscinodiscus. 1968. 593 p.
Vol. 3 : Coscinophaena-Fubula. 1969. 670 p.
Vol. 4 : Fragilaria-Naunema. 1971. 628 p.
Vol. 5 : Navicula. 1975. 576 p.

VAN VALKENBERG, D., E.P. KARLANDER, G.W. PATTERSON ET R.R. COLWELL. 1977. Features for classifying photosynthetic aerobic nanoplankton by numerical taxonomy. Taxon 26 : 497–505.

VOLLENWEIDER, R.A. 1971. A manual on method of measuring primary production in Aquatic environments. IBP Handbook 12 : 1–213.

WEBER, I.C. 1973. Biological field and laboratory methods for measuring the quality of surface waters and effluents. Environmental Monitoring Series, EPA-67014-73-001.

WETZEL, R.G. 1975. Limnology. W.B. Saunders Company. Philadelphia, PA. 743 p.

WETZEL, R.G. ET G.E. LIKENS. 1979. Limnological analyses. W.B. Saunders Co., Philadelphia, PA. 367 p.

WHITE, A.W. 1976. Growth inhibition caused by turbelence in the toxic marine dinoflagellate, *Gonyaulax excavata*. J. Fish. Res. Board Can. 33 : 2598–2602.

1977. Dinoflagellate toxins as probable cause of an Atlantic herring (*Clupea harengus harengus*) kill, and pteropods as apparent vector. J. Fish. Res. Board Can. 34 : 2421–2424.

WHITE, A.W. ET L. MARANDA. 1978. Paralytic toxins in the Dinoflagellate *Gonyaulax excavata* and in shellfish. J. Fish. Res. Board Can. 35 : 397–402.

WHITE, A.W., R.G. SHEARTH ET A. HELLEBUST. 1977. A red tide caused by the marine ciliate *Mesodinium rubrum* in Passamaquoddy Bay, including pigment and ultrastructure studies of the Endeosymbiant. J. Fish. Res. Board Can. 34 : 2421–2424.

WIEDEMAN, V.E., P.L. WALNE ET F.R. TRAINOR. 1964. A new technique for obtaining axenic cultures of algae. Can. J. Bot. 42 : 958.

WRIGHT, R.R. 1907. The plankton of eastern Nova Scotia waters. Contrib. Can. Biol. 1902–1905 : 1–19.

YENTSCH, C.S. ET D.W. MENZEL. 1963. A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophtin by fluorescence. Deep-Sea Res. 10 : 221–231.

CHAPITRE 12

Macrozooplancton

SUSAN COREY

Département de zoologie
Université de Guelph
Guelph (Ontario)

Introduction

Le zooplancton est l'ensemble des animaux flottant en pleine eau. Vu leur faible capacité natatoire, ces animaux sont le jouet des courants. Le zooplancton peut être classé ou subdivisé selon le cycle vital et la taille des organismes. L'holoplancton comprend les éléments qui passent toute leur vie sous forme de planctontes, comme les Euphausiacés et les Chétognathes, tandis que le méroplancton réunit ceux qui n'y en passent qu'une partie telles les larves d'invertébrés benthiques comme le crabe et la balane. Les animaux sont classés dans le microzooplancton ou le macrozooplancton selon que leur taille est inférieure ou supérieure à 1 mm. Toutefois, cette classification est arbitraire et devrait être suivie avec prudence; ainsi, certains Copépodes entrent dans la première catégorie lorsqu'ils sont à l'état larvaire et dans la seconde lorsqu'ils atteignent l'âge adulte.

Alors que le chapitre 13 porte sur le microzooplancton et les Copépodes, nous traiterons ici de l'holoplancton, dont les spécimens adultes ont habituellement une taille supérieure à 5 mm. Appartiennent à l'holoplancton les embranchements suivants : Chétognathes, Ptéropodes, Cténophores, Cnidaires, Euphausiacés, Amphipodes et les espèces benthiques (Mysidacés et Cumacés) qui effectuent une migration verticale diurne et qui font donc partie du zooplancton la nuit.

D'après Legaré et Maclellan (1960), la région de Quoddy englobe les baies Passamaquoddy et Cobscook, les passages ainsi que le secteur délimité par une ligne reliant le cap West Quoddy (Maine), l'extrémité nord de l'île de Grand Manan (N.-B.) et la pointe Lepreau (N.-B.) (chap. 1, fig. 1).

Le zooplancton de la baie Passamaquoddy est beaucoup moins riche, tant en qualité qu'en quantité, que celui de la baie de Fundy. La diversité et la quantité du zooplancton, en particulier du macrozooplancton, diminuent très fortement en passant de la baie de Fundy aux passages et sont généralement très faibles à l'intérieur de la baie Passamaquoddy. Aucun des représentants de l'holozooplancton mentionné ci-dessus n'est endémique dans la région considérée. Les spécimens qui s'y trouvent proviennent de populations beaucoup plus importantes de la baie de Fundy. Les Amphipodes, Ptéropodes et Cténophores pélagiques ne sont pas endémiques dans la baie de Fundy; ils proviennent probablement du plateau continental Scotian ou du golfe du Maine, ou des deux secteurs à la fois. Par conséquent, l'abondance relative de ces taxons connaît de grandes variations temporelles et spatiales, surtout dans la région de Quoddy. Le zooplancton de la baie Passamaquoddy et des passages est très varié et très abondant en été, moins en automne et en hiver, et encore moins au printemps (Legaré et Maclellan, 1960).

D'autres taxons qui appartiennent souvent au zooplancton, comme les Mysidacés, les Cumacés et les Décapodes, fréquentent la région de Quoddy à longueur d'année. La méduse, *Aurelia aurita*, y vit saisonnièrement, tandis que *Tomopteris helgolandica*, un Polychète pélagique, y fait des visites occasionnelles et y est très répandu en hiver. Le tableau 1 fournit des renseignements sur l'habitat, la profondeur d'évolution relative et la répartition saisonnière du macrozooplancton de la région de Quoddy.

Méthodes de collecte et de conservation des spécimens

Les méthodes de collecte, d'observation et de conservation du zooplancton varient selon les besoins. L'outil de base servant aux études qualitatives consiste en un filet conique, retenu par un cerceau de métal, au fond duquel se trouve un pot ou un contenant. On peut modifier ce chalut à anneau ou standard en plaçant un cylindre de toile entre le cerceau de métal et le filet. Pour faire des échantillonnages à des gammes de profondeurs précises, il faut pouvoir fermer le filet. Le diamètre de l'ouverture du filet peut varier entre 0,25 et 1 m, et il existe un grand choix de filets de nylon de différentes grandeurs de maille, choisis en fonction de la taille de l'animal recherché. Les mailles qui conviennent le mieux pour la capture des animaux qui nous occupent ont de 300 à 500 µm. Les filets aux mailles plus petites laissent échapper les spécimens de grande taille, car il se crée un front de résistance lorsqu'ils sont relevés.

Pour les analyses quantitatives, le filet doit être pourvu d'un mesureur de flux. Pour en connaître davantage sur les caractéristiques et l'efficacité des différents filets, consulter UNESCO (1968).

Pour pouvoir faire des échantillonnages dans toute la colonne d'eau, il faut descendre le filet presque jusqu'au fond à partir d'une embarcation stationnaire, puis le remonter. Cette méthode, appelée remontée verticale, permet de capturer beaucoup d'organismes microplanctoniques, mais peu de spécimens de grande taille. Pour la capture de grandes quantités d'animaux, il est recommandé d'effectuer une remontée oblique : le filet est descendu jusqu'au fond de la mer, puis remonté à partir d'une embarcation qui se déplace à une vitesse maximale de 2 noeuds. Cette méthode est également utile pour l'échantillonnage continu, car elle n'entraîne pas d'erreurs de profondeur causées par les migrations verticales diurnes. L'échantillonnage à des profondeurs ou gammes

TABLEAU 1. Habitat et répartition saisonnière relative du macrozooplancton de la région de Quoddy (d'après Legaré et Maclellan (1960) et des observations personnelles).

Espèce	Habitat[a]	Profondeur		Saison d'abondance maximale			
		<20 m	>20 m	Printemps	Été	Automne	Hiver
ANNÉLIDES							
Tomopteris helgolandica	P		√				———
CRUSTACÉS							
AMPHIPODES							
Parathemisto gaudichaudi	P		√	———	———	———	———
Hyperia galba	P	√	√		———		
Calliopius laeviusculus[b]	P + EP	√			———	———	
Monoculodes edwardsi[b]	EP		√	———	———	———	———
MYSIDACÉS[b]							
Erythrops erythropthalma	EP	√	√	———	———	———	———
Neomysis americana	EP	√	√	———	———	———	———
Mysis stenolepsis	EP	√	√	———	———	———	———
CUMACÉS[b]							
Diastylis sculpta	B	√		———	———	———	———
D. quadrispinosa	B		√	———	———	———	———
Eudorella sp.	B	√		———	———	———	———
Campylaspis rubricunda	B		√	———	———	———	———
Leptostylis ampullacea	B		√	———	———	———	———
Petalosarsia declivis	B		√	———	———	———	———
EUPHAUSIACÉS							
Meganyctiphanes norvegica	P		√	———	———		
Thysanoessa inermis	P		√	———	———		
DÉCAPODES[b]							
Crangon septemspinosa	B	√	√	———	———	———	———
Pandalus montagui	B		√	———	———	———	———
Spirontocaris sp.	B		√	———	———	———	———
CHÉTOGNATHES							
Sagitta elegans	P		√	———			———
CTÉNOPHORES							
Pleurobrachia pileus	P		√		———		———
CNIDAIRES							
Aurelia aurita	P	√	√		———		
Nanomia cara	P			———	———		———
MOLLUSQUES							
Clione limacina	P		√	———	———		
Limacina retroversa	P		√	———			

[a] P, pélagique; EP, épibenthique; B, benthique.
[b] Espèces qui sont benthiques ou épibenthiques durant le jour et qui effectuent une migration verticale diurne.

de profondeurs précises nécessite l'emploi d'un filet ouvrant et fermant. Pour l'échantillonnage du plancton de surface, ou neuston, il existe des filets spéciaux de dimensions et de grandeurs de maille variées.

La plupart des êtres macroplanctoniques sont difficiles à maintenir en vie en laboratoire. Toutefois, il est possible d'effectuer des observations et des expériences de courte durée en prenant des précautions spéciales. D'abord, il faut maintenir la durée du trait au minimum, soit entre 5 et 10 min, pour empêcher que les spécimens ne soient endommagés dans le filet. Les animaux capturés doivent être expédiés au laboratoire le plus tôt possible. Il est conseillé de les mettre, en quantités raisonnables, dans des contenants circulaires — ce sont ceux qui conviennent le mieux à ces opérations — remplis d'eau bien oxygénée et préférablement maintenue à une température de 5°C. Des bouteilles isolantes peuvent être utiles pour le transport des animaux.

Pour conserver les animaux, il est conseillé de les mettre dans une solution à 3–5 % de formaldéhyde neutralisé (borax ou copeaux de craie). Toutefois, les spécimens qui ont tendance à se détériorer par décalcification (p. ex., les Ptéropodes) si le formaldéhyde n'est pas entièrement neutralisé devraient être tués dans une solution à 3–5 % de formaldéhyde, puis transférés immédiatement dans un fixateur non acide, comme une solution à 70 % d'alcool. En règle générale, la solution à 3–5 % de formaldéhyde neutralisé constitue le meilleur fixateur pour la conservation de la plupart des animaux du zooplancton. Pour obtenir des détails plus précis sur les méthodes de fixation et de conservation, consulter UNESCO (1976).

Les meilleurs lieux d'échantillonnage de la région de Quoddy sont les passages et le secteur de l'île de Grand Manan, surtout si l'on veut capturer de grandes quantités d'organismes.

Biologie et distribution du macrozooplancton

Les descriptions et analyses suivantes ne portent que sur les espèces de macrozooplancton qui vivent habituellement dans la région de Quoddy. D'autres animaux provenant de secteurs marins situés plus au sud ou plus au nord fréquentent parfois la région, comme le montre Huntsman (1952). Les caractéristiques générales des différentes espèces sont décrites par Newell et Newell (1963), Miner (1950), Smith (1964) et Smith (1977). Les caractéristiques de groupes précis sont décrites sous les rubriques correspondantes.

Les descriptions suivantes, qui portent sur chaque taxon et espèce, sont suivies d'un résumé et d'une analyse de la biologie générale du macrozooplancton de la région de Quoddy.

Crustacés

Dans la région considérée, les Crustacés les plus répandus sont les Copépodes, dont il sera question au chapitre 13. Les Euphausiacés et les Amphipodes sont les Crustacés de grande taille les plus répandus de l'holozooplancton. Vu qu'ils effectuent une migration verticale diurne, les Mysidacés et les Cumacés forment une partie importante du zooplancton pendant la nuit.

Euphausiacés — Les Euphausiacés, éléments de l'holozooplancton, contribuent pour beaucoup à la biomasse animale de la plupart des océans et aux chaînes alimentaires des milieux marins. Ces Crustacés sont une importante source alimentaire pour les Mysticètes (Nemoto, 1957) et de nombreux poissons, tels le hareng, le maquereau, le merlu et la morue (Battle *et al.*, 1936; Tyler, 1972). Les Euphausiacés sont aussi des filtreurs au régime très varié : débris organiques, détritus, Diatomées, Dinoflagellés, Tintinnidiens, zooplancton et, surtout, particules. Ils sont détritivores lorsqu'ils se trouvent près du fond (p. ex., pendant le jour en certains endroits). Toutefois, le régime des spécimens de cet ordre connaît généralement des variations saisonnières. En hiver, ceux-ci se nourrissent surtout de détritus, car le plancton est plus rare. À l'approche du printemps, les organismes planctoniques deviennent plus abondants, de sorte que les Euphausiacés délaissent de plus en plus leurs habitudes détritivores pour consommer du plancton (Mauchline et Fisher, 1969).

Les adultes fréquentent les eaux relativement profondes pendant le jour et migrent jusque dans les zones supérieures de la colonne d'eau pendant la nuit; on en retrouve des spécimens à tous les niveaux (Kulka *et al.*, 1981). Dans le passage Western dont la profondeur varie entre 55 et 100 m, ils se trouvent immédiatement au-dessus du substrat. Ils sont donc la proie des poissons démersaux, comme la morue, pendant le jour et des poissons pélagiques, comme le hareng et le maquereau, pendant la nuit. De plus, dans certains secteurs, on observe souvent des bancs d'Euphausiacés adultes à la surface de l'eau, surtout à la fin de l'été dans le secteur des passages, caractérisés par de forts courants de marée et remontées d'eau (Battle *et al.*, 1936; Fish et Johnson, 1937; Kulka *et al.*, 1981). Par conséquent, ces animaux servent également à nourrir de nombreux oiseaux marins à cette époque de l'année (Gaskin, communication personnelle).

Les mâles produisent des spermatophores qui sont transmis aux femelles. Les oeufs sont fécondés pendant l'extrusion, puis émis dans le milieu marin ambiant. À ce stade et pendant les premiers stades larvaires, les Euphausiacés sont pélagiques; ils se trouvent dans la partie supérieure de la colonne d'eau. Au fur et à mesure qu'ils quittent l'état larvaire pour devenir des juvéniles, ils ont tendance à évoluer en eau plus profonde. La distribution verticale diurne globale est la suivante : les oeufs et les individus aux premiers stades larvaires (nauplius, métanauplius, calyptopis et furcilia) vivent près de la surface, les juvéniles à un niveau inférieur et les adultes dans la partie la plus profonde de l'aire de répartition verticale de l'ordre.

On trouve des oeufs d'Euphausiacés aux entrées de la baie Passamaquoddy au début de l'été et de petites concentrations de larves en début de stade furcilia au milieu et à la fin de l'été. Les larves en fin de stade furcilia sont très rares dans cette baie. La frayère des Euphausiacés se trouve à l'extérieur de la région de Quoddy, probablement aux environs du bassin Grand Manan (Kulka et Corey, 1978).

Meganyctiphanes norvegica et *Thysanoessa inermis* sont les deux espèces d'Euphausiacés communes de la région de Quoddy à certaines époques de l'année (tableau 1). Leur présence et leur abondance varient en

fonction du temps et du lieu. Les spécimens observés dans la région de Quoddy appartiennent à des populations endémiques de la baie de Fundy, surtout des environs du bassin Grand Manan (Kulka *et al.*, 1981). On observe une expansion et une contraction annuelles relatives des populations de ces deux espèces, dont on retrouve généralement les plus fortes concentrations dans le secteur périphérique de la région de Quoddy et dans les passages à la fin du printemps, en été et au début de l'automne. Celles-ci en sont virtuellement absentes presque tous les hivers; même en été, elles sont rares dans les secteurs intérieurs de la baie Passamaquoddy.

Étant donné que les deux espèces décrites ci-dessus ont une répartition et un cycle biologique différents, elles seront traitées séparément.

Meganyctiphanes norvegica — Cette espèce habite tout l'Atlantique Nord. Dans le nord-ouest de l'Atlantique, elle couvre le plateau continental vers le nord à partir du cap Hatteras (35° N) et longe la pente continentale jusqu'au Labrador, à l'île Baffin et à la côte ouest du Groenland, à la hauteur de 70° N environ (Mauchline et Fisher, 1969).

Hollingshead et Corey (1974) ont décrit le cycle biologique de *M. norvegica* dans la région de Quoddy et la baie de Fundy. Cette espèce atteint sa maturité sexuelle à l'âge d'un an, et la formation de ses gonades prend environ trois mois. La saison de reproduction, définie comme la période pendant laquelle la moitié des femelles portent des spermatophores, dure de la mi-avril à la fin juillet, et la ponte se produit en juillet et en août. Il y a des oeufs (diamètre moyen : 0,68 mm) et des larves nauplius et métanauplius (longueur moyenne : respectivement 0,52 et 0,55 mm) début juillet. Fin juin et en août, les animaux atteignent les stades calyptopis et furcilia; ils atteignent la maturité sexuelle en un an (c.-à-d. qu'ils se reproduisent et frayent pour la première fois l'été suivant). Ils meurent l'année suivante après s'être reproduits et avoir frayé une autre fois — leur durée de vie est d'environ deux ans. Au début des années 1970, cette espèce fréquentait la région de Quoddy en quantités variées de février à novembre, alors qu'elle y était à peu près inexistante en décembre et en janvier; les plus grandes concentrations étaient observées entre mai et novembre.

Thysanoessa inermis — Cette espèce est surtout subarctique et arctique, mais la limite sud de son aire de répartition se trouve dans les régions tempérées. C'est une espèce littorale, qu'on observe au nord de 40° N dans le Pacifique et dans l'ouest de l'Atlantique (notamment dans le golfe du Maine, le golfe du Saint-Laurent et la baie de Fundy) ainsi qu'au nord de 50° N, au-dessus du plateau continental, dans l'est de l'Atlantique. Shen (1966) a réuni des données détaillées sur sa distribution dans presque toutes les zones littorales de l'Atlantique situées au nord de 50° N ainsi que dans les mers boréales jusqu'à 80° N.

Thysanoessa inermis vit dans la région de Fundy à longueur d'année et les populations sont concentrées dans le bassin Grand Manan. Comme nous l'avons déjà mentionné, les individus qui fréquentent la région de Quoddy appartiennent à la population de la baie de Fundy. L'étude de cette espèce montre que les peuplements de la région de Quoddy connaissent de très grandes variations saisonnières et annuelles (tableau 1). Ainsi, *Thysanoessa inermis* était abondant pendant toute l'année 1971, sauf en janvier et en février. L'année suivante, il n'a été abondant qu'au printemps et en été. En 1973, 1974 et 1975, la plupart du temps, il était absent ou rare. Par conséquent, le passage des Euphausiacés dans la baie Passamaquoddy était généralement rapide et éphémère (Kulka et Corey, 1978).

Dans la région de Quoddy et la baie de Fundy, *Thysanoessa inermis* vit pendant deux ans. La fraye se produit à la fin de chaque année, de mars à juillet. Cette espèce prend deux formes — qui correspondent à des stades de son cycle vital — marquées par des différences dans la forme des yeux, la longueur du deuxième appendice thoracique, la forme du corps et la structure mandibulaire. La forme *neglecta* (qui apparaît la première année, au stade juvénile) se distingue par la longueur du deuxième appendice et la constriction des orbites oculaires, alors que la forme *inermis* (qui apparaît la seconde année, au stade adulte) est caractérisée par la rondeur des orbites oculaires et l'uniformité des appendices thoraciques. Ces transformations seraient dues à l'évolution des besoins en niche écologique. D'après Kulka et Corey (1978), les juvéniles (*neglecta*) fréquentent la partie supérieure de la colonne d'eau, et les adultes (*inermis*), les régions beaucoup plus profondes.

Einarsson (1945) fournit d'excellentes clés d'identification des oeufs, des larves et des adultes des Euphausiacés de l'Atlantique Nord.

Amphipodes — Quatre espèces d'Amphipodes, *Parathemisto gaudichaudi, Hyperia galba, Calliopius laeviusculus,* et *Monoculides edwardsi,* se manifestent de temps à autre dans le zooplancton de la région de Quoddy (tableau 1), en particulier dans le secteur de la baie de Fundy voisin de la baie Passamaquoddy. *P. gaudichaudi* est une espèce entièrement pélagique et *Hyperia galba* s'observe dans *Aurelia aurita,* espèce de méduse, tandis que les deux autres espèces sont épibenthiques et pélagiques.

Parathemisto gaudichaudi, espèce polymorphe, appartient à la famille des Hypéridés. Il a tendance à préférer deux formes extrêmes, *bispinosa* et *compressa,* avec toutes les formes intermédiaires possibles. Jusqu'en 1974, on croyait que *P. gaudichaudi* et *P. gracilipes* étaient deux espèces différentes, respectivement néritique et océanique. Toutefois, Sheader et Evans (1974) ont montré qu'il s'agissait en fait d'une seule espèce, dominée par *P. gaudichaudi*. L'ensemble des caractères morphologiques propres à l'état *bispinosa-compressa* sont inobservables avant que les animaux n'atteignent une taille de 10 mm. Les formes *P. gracilipes* et *P. gaudichaudi* atteignent la maturité lorsqu'elles ont une taille respective de 3 à 14 mm et de 7 à 35 mm. Dans le golfe du Maine, la période de reproduction de *P. gaudichaudi* s'étend de février à octobre et atteint un sommet en été (Bigelow, 1926).

Dans le secteur occidental de l'Atlantique Nord, *Parathemisto gaudichaudi* est observé depuis le détroit de Belle Isle jusqu'au golfe du Maine. Cette espèce est relativement répandue dans cette dernière région et dans les eaux du plateau continental Scotian, à l'extérieur de la zone délimitée par l'isobathe de 100 m (Bigelow, 1926;

Fish et Johnson, 1937). Sa distribution varie selon les saisons et les années dans la région de Quoddy et la baie de Fundy; cette espèce appartient probablement à une population concentrée dans le golfe du Maine et dans les eaux surmontant le plateau continental Scotian. Par conséquent, *P. gaudichaudi* n'apparaît pas nécessairement dans le zooplancton de la région de Quoddy.

Selon Sheader et Evans (1975), *Parathemisto gaudichaudi* se nourrit de façon opportuniste de divers organismes planctoniques, notamment des Copépodes, des larves de Décapodes, des Euphausiacés, des Chétognathes et des larves de poissons comme le hareng et le lançon.

Hyperia glaba, qu'on trouve avec la méduse *Aurelia aurita*, ne se manifeste donc qu'à la fin de l'été (tableau 1).

Monoculodes edwardsi, membre de la famille des Oecicérosidés, a une taille d'environ 9 mm au stade adulte. Il s'agit d'une espèce épibenthique qu'on trouve dans le sable fin à argileux, jusqu'à 75 m de profondeur, entre le golfe du Saint-Laurent, le nord de la Floride et le golfe du Mexique. *Monoculodes edwardsi* évolue dans des milieux entièrement marins ou des eaux saumâtres oligohalines. Son cycle biologique est annuel, et les femelles, ovigères de mai à septembre, ont plusieurs pontes (Bousfield, 1973).

Monoculodes edwardsi est commun dans certaines parties de la baie de Fundy, notamment le chenal Grand Manan, au large de l'estuaire de la rivière Saint-Jean et dans le secteur supérieur de la baie de Fundy (observation personnelle). Bien qu'il ne soit pas répandu dans la baie Passamaquoddy, il se manifeste fréquemment à proximité de celle-ci, dans le chenal Grand Manan.

Calliopius laeviusculus, de la famille des Calliopidés, évolue du Labrador au New Jersey, dans les zones épibenthiques et pélagiques (Bousfield, 1973). Commun dans les algues flottantes (M.J. Dadswell, communication personnelle), il a été observé sporadiquement en été et en automne dans les passages (tableau 1).

Sheader et Evans (1974), Bousfield (1973) et Sars (1895) ont fourni d'excellentes clés d'identification et descriptions de ces Amphipodes.

Cumacés — Les Cumacés, détritivores benthiques qui appartiennent à l'endofaune, effectuent des migrations verticales diurnes, même en eaux peu profondes. En fait, de nombreuses espèces ont été capturées en surface pendant des périodes d'obscurité (Russell, 1925; Corey, 1970). Ces Péracarides se retrouvent souvent dans des filets à plancton, mais rarement en grand nombre. Les espèces observées le plus souvent dans le plancton sont *Diastylis sculpta* en eaux peu profondes et *D. quadrispinosa* dans les régions profondes. Quatre autres espèces, beaucoup plus petites — *Petalosaraia declivis, Campylaspis rubricunda, Leptostylis ampullacea,* et *Eudorella* sp. —, ne sont capturées qu'à l'occasion. Les six espèces passent l'année dans la région de Quoddy.

Diastylis sculpta et *Eudorella* sp. sont relativement communs dans les secteurs marins peu profonds. Le premier se rencontre dans les substrats sableux et sablo-vaseux à des profondeurs de 7 à 65 m entre le golfe du Saint-Laurent et le New Jersey (Watling, 1979). Dans la baie Passamaquoddy, c'est entre 10 et 30 m de profondeur qu'ils sont le plus abondants. *Diastylis sculpta* se reproduit deux fois par année dans la région de Quoddy. Les femelles de la génération hivernante libèrent leurs petits entre la mi-juillet et la fin août, puis meurent. Ces rejetons, qui croissent rapidement pendant l'été, deviennent adultes et se reproduisent à leur tour en novembre. Les générations hivernante et estivale ont une durée de vie respective de 12 et de 5 mois (Corey, 1976).

Diastylis quadrispinosa est de loin l'espèce de Cumacé la plus répandue dans les eaux profondes de la région de Quoddy. Des femelles gravides y ont été capturées en hiver (observation personnelle).

Watling (1979) fournit une excellente clé d'identification des Cumacés qui fréquentent ce secteur.

Mysidacés — Les Mysidacés *Erythrops erythropthalma, Neomysis americana* et *Mysis stenolepis* sont généralement considérés comme épibenthiques et fréquentent la baie Passamaquoddy à longueur d'année. Tout comme les Cumacés, ces animaux sont détritivores et effectuent une migration verticale, en particulier *N. americana* qu'on capture souvent à la surface de l'eau juste après le coucher du soleil et juste avant l'aube (Herman, 1963).

L'espèce *Erythrops erythropthalma*, ainsi nommée à cause de ses yeux rouge vif, est relativement petite (taille de 8 mm) et n'apparaît que rarement dans les échantillons de plancton.

Neomysis americana, un peu plus grande que *E. erythropthalma*, est pourvue d'yeux noirs et fréquente les eaux côtières et estuariennes, entre 1 et 250 m de profondeur, le long de la côte est de l'Amérique du Nord, entre Terre-Neuve et le nord de la Floride (Williams *et al.*, 1974). Dans la baie Passamaquoddy, elle se manifeste surtout en eaux peu profondes. Cette espèce se reproduit deux fois par année, entre le printemps et le début de l'automne, et chaque femelle peut avoir deux ou trois pontes (Pezzack et Corey, 1979).

Mysis stenolepis, beaucoup plus grand que les deux autres espèces — les adultes atteignent 25 mm de longueur — , vit dans les eaux côtières entre le golfe du Saint-Laurent et le New Jersey (Tattersall, 1939). Dans la baie Passamaquoddy, les femelles libèrent leurs petits en eaux peu profondes au printemps, et ces derniers croissent rapidement pendant l'été. À l'automne, les jeunes adultes gagnent des régions plus profondes où ils évoluent et se reproduisent. Les mâles meurent peu de temps après la reproduction, mais leurs compagnes survivent et, au printemps, vont libérer leurs petits en eaux peu profondes. *Mysis stenolepis* vit pendant un an environ (Amaratunga et Corey, 1975). À cause de cette migration horizontale saisonnière, l'espèce n'est capturée qu'à très grande profondeur (près du fond) l'hiver, et seulement en eaux très peu profondes l'été.

Décapodes — Les trois espèces de Décapodes, *Crangon septemspinosa, Pandalus montagui* et *Spirontocaris* sp., sont toutes des crevettes qui vivent à l'intérieur ou à proximité du substrat. S'il en est question ici, c'est parce qu'elles sont souvent capturées lorsque les filets à plancton sont d'abord mouillés près du fond pendant les périodes d'obscurité. *C. septemspinosa* peut être capturée à n'importe quel niveau de la colonne d'eau, alors que *P.*

montagui et *Spirontocaris* le sont généralement dans les régions profondes. Les trois espèces sont observées à longueur d'année dans la région de Quoddy, mais il n'existe encore aucune donnée quantitative sur les variations saisonnières des peuplements.

Chétognathes

Les Chétognathes, organismes véritablement zooplanctoniques, sont souvent capturés en grandes quantités au cours des échantillonnages. En fait, dans de nombreux secteurs, seuls les Copépodes les dépassent en nombre. Ils peuvent servir d'espèces indicatrices des masses d'eau (Russell, 1935). Bien que huit espèces aient été observées dans la baie de Fundy, seul *Sagitta elegans* évolue dans la région de Quoddy (Hurley *et al.*, en cours de rédaction).

Sagitta elegans est une espèce néritique typique de la strate des 100 à 150 m supérieurs de la colonne d'eau des régions arctique et subarctique, tant dans l'Atlantique que dans le Pacifique. Il habite surtout les eaux froides, au-dessus de tout le plateau continental de l'archipel arctique et jusqu'à 39° N environ dans le secteur occidental de l'Atlantique (Alvarino, 1965).

Sagitta elegans est un important carnivore qui se nourrit de zooplancton, tels des Copépodes et des larves de hareng. Mais il devient à son tour la proie des harengs juvéniles et adultes (Hardy, 1924).

Les spécimens de *S. elegans* capturés dans la région de Quoddy font probablement partie d'un grand peuplement de la baie de Fundy. Cette espèce est donc plus facile à trouver dans les passages que dans la baie Passamaquoddy même. Legaré et Maclellan (1960) y ont observé des adultes pendant toute l'annéeet des juvéniles seulement en été.

Les oeufs de *S. elegans*, ronds, transparents et d'un diamètre de 0,2 mm, sont pondus un à un et flottent près de la surface. La durée de vie de cette espèce varie grandement à l'intérieur de son aire de répartition. Dans l'Arctique, elle vit pendant deux ans et son cycle de reproduction alternative lui permet de produire deux générations distinctes (Dunbar, 1962), alors que dans la Manche, au large de Plymouth, elle se reproduit quatre ou cinq fois par année, de février à septembre, à des intervalles de deux ou trois mois (Russell, 1933). Dans la région de Quoddy, *S. elegans* ne connaît qu'une grande saison de reproduction, le printemps (Hurley et Corey, en cours de rédaction).

Cténophores

Les Cténophores sont parmi les animaux les plus caractéristiques du zooplancton. Pélagiques et très mauvais nageurs, ils se forment souvent en grandes concentrations sous l'action des courants. Les Cténophores, friands de zooplancton, utilisent leurs longs tentacules pour capturer des proies comme les larves de crabe et d'huître, les Copépodes, les oeufs de poisson et les Chétognathes. *Pleurobrachia pileus* n'est pas endémique de la région de Quoddy, mais on l'y observe généralement à la fin de l'été, en automne et en hiver (tableau 1).

Cnidaires

Aurelia aurita ne se manifeste qu'à une certaine époque de l'année dans la baie Passamaquoddy. Observée en grandes quantités dans les eaux superficielles à la fin de l'été, cette méduse voit sa population diminuer rapidement en automne. Ces animaux se forment en concentrations tellement denses qu'ils colmatent ou remplissent les filets à plancton.

Un Siphonophore, *Nanomia cara* (syn. *Stephanomia cara*) est répandu en hiver et au printemps, surtout dans les passages, à l'extérieur de la baie Passamaquoddy (Legaré et Maclellan, 1960).

Annélides

Tomopteris helgolandica (syn. *T. catherina*), Polychète pélagique qui apparaît sporadiquement en petites quantités dans la baie de Fundy, a tendance à être plus répandu pendant l'hiver. Tout comme les Chétognathes et les Cténophores, les Tomoptérides sont transparents et carnivores et se nourrissent de petits animaux du zooplancton, y compris de jeunes poissons.

Mollusques

Certains Gastropodes pélagiques, appelés Ptéropodes, sont épipélagiques et océaniques. Deux espèces, *Clione limacina* et *Limacina retroversa*, peuvent être observées dans les eaux de la région de Quoddy et de la baie de Fundy. Leur abondance relative varie grandement selon le temps et l'espace; en fait, celles-ci peuvent être complètement absentes de ces lieux pendant une année ou plus. Elles appartiennent à des populations dont le centre se trouve à l'extérieur de la baie de Fundy.

Clione limacina, Gymnosome carnivore, se nourrit principalement d'autres Ptéropodes (Thécosomes), de Protozoaires et de larves de Crustacés (Nicol, 1969). Il se manifeste sporadiquement dans la région de Quoddy, en quantités qui varient grandement d'une saison et d'une année à l'autre. Cet animal n'apparaît habituellement qu'en petites quantités, et c'est surtout au printemps et en hiver qu'il se manifeste le plus fréquemment.

Limacina retroversa, Thécosome, est beaucoup plus petit que le précédent et possède une coquille calcaire. Herbivore, il se nourrit de phytoplancton et se forme en colonies très denses saisonnièrement. Ce Ptéropode des régions boréales à tempérées est très répandu dans l'Atlantique. Comme nous l'avons mentionné précédemment, *L. retroversa* est un immigrant très sporadique dans la baie de Fundy et, donc, dans la région de Quoddy. Il semble exister des divergences d'opinions quant à son statut dans le golfe du Maine : selon Bigelow (1926), il est un des principaux habitants pélagiques permanents du golfe du Maine; selon Redfield (1939), il n'y est pas endémique, mais il provient plutôt du large.

Résumé et analyse générale

Les seules espèces macroplanctoniques qui soient endémiques de la région de Quoddy sont les animaux

benthiques ou épibenthiques qui, par leur migration verticale diurne, s'intègrent au zooplancton nocturne. Cela comprend tous les Cumacés, Mysidacés et Décapodes décrits dans ces pages. Deux espèces d'Amphipodes, *Monoculodes edwardsi* et *Calliopius laeviusculus*, sont généralement considérées à la fois comme pélagiques et épibenthiques (Bousfield, 1973). Euphausiacés, Ptéropodes, Chétognathes et Cnidaires font partie de l'holozooplancton et ne sont pas endémiques de la région de Quoddy. Les deux espèces d'Euphausiacés, *Meganyctiphanes norvegica* et *Thysanoessa inermis*, et *Sagitta elegans*, seul Chétognathe, sont tous endémiques de la baie de Fundy et envahissent la région de Quoddy de temps à autre. Bien que ces trois espèces soient endémiques de la baie de Fundy, elles sont répandues partout au-dessus du plateau continental et elles sont considérées comme boréoarctiques (Kielhorn, 1952). C'est également le cas de *Parathemisto gaudichaudi, Hyperia galba, Clione limacina* et *Limacina retroversa*, alors que *Pleurobrachia pileus* et *Tomopteris helgolandica* sont des espèces boréales dont l'aire de répartition est plus méridionale. Aucune de ces six espèces ne forme une population permanente dans la baie de Fundy. Elles gagnent la région par les eaux du golfe du Maine ou celles surmontant le plateau continental Scotian.

Il est intéressant de noter que seul un très faible pourcentage des espèces holozooplanctoniques de la baie de Fundy pénètre vraiment dans la région de Quoddy. Ainsi, deux seulement des sept espèces d'Euphausiacés et une seulement des huit espèces de Chétognathes s'y manifestent (Kulka *et al.*, en cours de rédaction; Hurley *et al.*, 1982). En outre, il n'y a presque pas d'holozooplancton dans la baie Passamaquoddy. Ces constatations, outre la diminution de 20 % de la masse de zooplancton entre le secteur extérieur de la région de Quoddy et la baie Passamaquoddy même (Legaré et Maclellan, 1960), donnent à penser qu'un obstacle quelconque gêne le passage de ces organismes entre les deux secteurs. Ce phénomène est causé par un ensemble de facteurs : le mélange des eaux des baies Passamaquoddy et de Fundy est très lent (Watson, 1936), différentes espèces entrent dans les passages et en sortent avec le flux et le reflux des marées, et la salinité des eaux de la baie Passamaquoddy est moindre (celle-ci varie entre 21,91 et 32,78 ‰ annuellement, selon Trites (1962. Des analyses du contenu stomacal de harengs, poissons opportunistes, le confirment : les harengs de la baie Passamaquoddy ne se nourrissent que d'espèces néritiques, alors que ceux des passages ingèrent des espèces pélagiques (Battle *et al.*, 1936).

Le macrozooplancton de la région de Quoddy se répartit à la surface en deux types de bancs. L'Amphipode *Calliopius laeviusculus* et le Mysidacé *Neomysis americana* sont observés régulièrement à la surface pendant leur saison de reproduction (Fish and Johnson, 1937). Par ailleurs, les courants de marée dans les passages y provoquent un autre type de concentration en surface. Des bancs de Copépodes (*Calanus*) et d'Euphausiacés (principalement *Meganyctiphanes norvegica*) s'observent fréquemment en été dans les parties extérieures des trois passages (Battle *et al.*, 1936; Fish et Johnson, 1937; Huntsman, 1952; Kulka et Corey, 1978). Ce phénomène tire son importance du fait que le zooplancton, qui se tient normalement en eaux plus profondes, surtout pendant le jour, est amené en surface et devient la proie du hareng (Battle *et al.*, 1936) et des oiseaux de mer (Braune et Gaskin, sous presse). En fait, pendant l'été, il n'est pas rare de voir des milliers d'oiseaux de mer se nourrir activement à la surface de l'eau dans le passage Head Harbour (D.E. Gaskin, communication personnelle).

La répartition verticale du macroholozooplancton dans la colonne d'eau n'a pas fait l'objet d'études poussées. Legaré et Maclellan (1960) ont observé que *Sagitta elegans* était abondant à tous les niveaux, mais beaucoup plus à 100 m de profondeur. Ils ont également constaté que les Euphausiacés, les Amphipodes et les larves de hareng étaient répartis de manière passablement uniforme dans toute la colonne d'eau. En ce qui concerne les Euphausiacés, ces chercheurs n'en ont pas déterminé le cycle vital. Il est probable que le phénomène en cause est celui décrit pas Kulka *et al.* (en cours de rédaction), soit une distribution verticale ontogénique des Euphausiacés, les plus jeunes se trouvant près de la surface, et les plus âgés, près du fond. Les Chétognathes et les Euphausiacés effectuent une migration verticale diurne active (Kulka *et al.*, 1982; Hurley *et al.*, en cours de rédaction). Ces migrations, conjuguées à celles de nombreuses espèces benthiques et épibenthiques, font varier grandement la structure de la composante journalière du zooplancton, qui est plus diversifiée la nuit.

Les recherches sur les interrelations trophiques et nutritionnelles entre les éléments du zooplancton dans la région de Quoddy sont presque exclusivement qualitatives. Les seules études détaillées sur l'alimentation portent sur le hareng (Battle *et al.*, 1936) et les oiseaux de mer (Braune et Gaskin, sous presse).

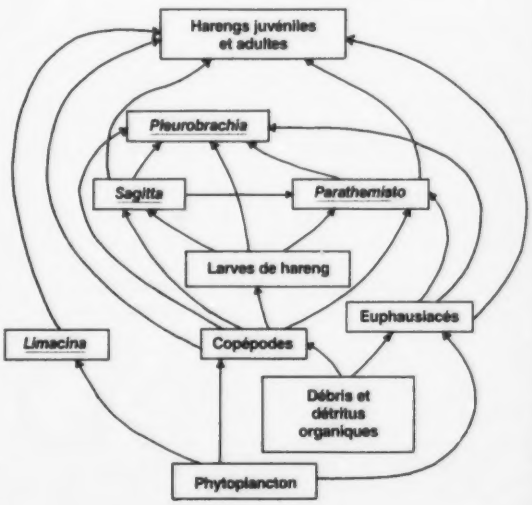


FIG. 1. Diagramme représentant une chaîne alimentaire centrée sur le hareng dans la région de Quoddy (d'après Hardy, 1924; Battle *et al.*, 1936; Mauchline et Fisher, 1969; Sheader et Evans, 1975).

Presque toutes nos connaissances portent sur la nourriture et le comportement alimentaire du hareng. La figure 1 montre, sous forme de diagramme, une chaîne alimentaire centrée sur le hareng dans la région de Quoddy. Les principaux prédateurs des larves de hareng sont *Sagitta elegans*, *Parathemisto gaudichaudi* et *Pleurobrachia pileus*, mais les deux premiers deviennent à leur tour la proie des harengs juvéniles et adultes. *Pleurobrachia pileus* semble être le principal concurrent du hareng adulte pour la recherche de nourriture. Il faut pousser les recherches pour déterminer l'importance trophique du zooplancton nocturne.

L'importance du zooplancton dans le régime de certains poissons démersaux vivant dans les passages de la région de Quoddy varie selon les saisons. En fait, elle coïncide avec l'expansion et la contraction des peuplements d'Euphausiacés de la baie de Fundy et la migration saisonnière vers les eaux profondes du grand Mysidacé, *Mysis stenolepis*. Il n'est pas rare de trouver des Euphausiacés dans le contenu stomacal de poissons démersaux en été, alors que *M. stenolepis* est une proie d'hiver (Tyler, 1972).

En conclusion, dans la région de Quoddy, les populations de macrozooplancton varient quotidiennement, annuellement, selon les saisons et d'un endroit à l'autre. Elles sont très influencées par les conditions hydrographiques et les espèces présentes dans la baie de Fundy, le golfe du Maine et les eaux surjacentes au plateau continental Scotian.

Références

ALVARINO, A. 1965. Chaetognaths. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev. 3 : 115–194.

AMARATUNGA, T. ET S. COREY. 1975. Life history of *Mysis stenolepis* Smith (Crustacea, Mysidacea). Can. J. Zool. 53 : 942–952.

BATTLE, H.I., A.G. HUNTSMAN, A.M. JEFFERS, W.J. JOHNSON ET N.A. MCNAIRN. 1936. Fatness, digestion and food of Passamaquoddy young herring. J. Biol. Board Can. 2 : 401–429.

BIGELOW, H.B. 1926. Plankton of the offshore waters of the Gulf of Maine. Bull. U.S. Bur. Fish. 40 : 1–509.

BOUSFIELD, E.L. 1973. Shallow-water gammaridean amphipods of New England. Cornell University Press, Ithaca, NY. 312 p.

BRAUNE, B.M. ET D.E. GASKIN. 1982. Feeding ecology of nonbreeding populations of larids off Deer Island, New Brunswick, Auk 99 : 67–76.

COREY, S. 1970. The diurnal migration of some Cumacea (Crustacea, Pericarida) in Kames Bay, Isle of Cumbrae, Scotland. Can. J. Zool. 48 : 1385–1388.

1976. The life history of *Diastysis sculpta* Sars, 1871 (Crustacea; Cumacea) in Passamaquoddy Bay, New Brunswick. Can. J. Zool. 54 : 615–619.

DUNBAR, M.J. 1962. The life cycle of *Sagitta elegans* in Arctic and Subarctic seas, and the modifying effects of hydrographic differences in the environment. J. Mar. Res. 20 : 76–91.

EINARSSON, H. 1945. Euphausiacea. I. North Atlantic species. Dana Rep. 27 : 1–85.

FISH, C.J. ET M.W. JOHNSON. 1937. The biology of the zooplankton population in the Bay of Fundy and Gulf of Maine with special reference to production and distribution. J. Biol. Board Can. 3 : 189–322.

HARDY, A.C. 1924. The herring in relation to its animate environment. Part I. The food and feeding habits of the herring with special reference to the east coast of England. Fish. Inv. Lond. England, ser. II 7 : 1–53.

HERMAN, S.S. 1963. Vertical migration of the opossum shrimp, *Neomysis americana* Smith. Limnol. Oceanogr. 8 : 228–238.

HOLLINGSHEAD, K.W. ET S. COREY. 1974. Aspects of the life history of *Meganyctiphanes norvegica* (M. Sars), Passamaquoddy Bay. Can. J. Zool. 52 : 495–505.

HUNTSMAN, A.G. 1952. The production of life in the Bay of Fundy. Trans. R. Soc. Can. 46 : 15–38.

HURLEY, P.C.F. ET S. COREY. (En préparation). Aspects of the life of *Sagitta elegans* in Passamaquoddy Bay, New Brunswick.

HURLEY, P.C.F., S. COREY ET T.D. ILES. (En préparation). The seasonal and annual distributional patterns of chaetognaths in the Bay of Fundy.

KIELHORN, W.V. 1952. The biology of the surface zone zooplankton of a boreo-arctic Atlantic Ocean area. J. Fish. Res. Board Can. 9 : 223–264.

KULKA, D.W. ET S. COREY. 1978. The life history of *Thysanoessa inermis* (Kroyer) in the Bay of Fundy. Can. J. Zool. 56 : 492–506.

KULKA, D.W., S. COREY ET T.D. ILES. 1982. The distribution and biomass of euphausiids in the Bay of Fundy. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39 : 326–334.

LEGARÉ, J.E.H. ET D.C. MACLELLAN. 1960. A qualitative and quantitative study of the plankton of the Quoddy region in 1957 and 1958 with special reference to the food of the herring. J. Fish. Res. Board Can. 17 : 409–448.

MAUCHLINE, J. ET I.R. FISHER. 1969. The biology of euphausiids. Adv. Mar. Biol. 7 : 454 p.

MINER, R.W. 1950. Field book of seashore life. G.P. Putnam's Sons, New York, NY. 888 p.

NEMOTO, T. 1957. Foods of baleen whales in the northern Pacific. Sci. Rep. Whales Res. Inst. 14 : 149–290.

NEWELL, G.E. ET R.C. NEWELL. 1963. Marine plankton, a practical guide. Hutchison & Co. Publ., Londres. 244 p.

NICOL, J.A.C. 1967. The biology of marine animals, Pitman Paperbacks, Londres. 699 p.

PEZZACK, D.S. ET S. COREY. 1979. The life history and distribution of *Neomysis americana* in Passamaquoddy Bay. Can. J. Zool. 57 : 785–793.

REDFIELD, A.C. 1939. The history of a population of *Limacina retroversa* during its drift across the Gulf of Maine. Biol. Bull. 76 : 26–47.

RUSSELL, F.S. 1935. The vertical distribution of marine macroplankton. An observation on diurnal changes. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 13 : 769–809.

1933. On the biology of *Sagitta*. IV. Observations on the natural history of *Sagitta elegans* Verrill and *Sagitta setosa* J. Mueller in the Plymouth area. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 18 : 559–574.

1935. On the value of certain plankton animals as indicators in the English Channel and North Sea. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 20 : 309–332.

SARS, G.O. 1895. An account of the Crustacea of Norway. 1 : Amphipoda. Alb. Cammermeyers, Christiania and Copehagen, 711 p.

SHEADER, M. ET F. EVANS. 1974. The taxonomic relationship of *Parathemisto gaudichaudi* (Guerin) and *P. gracilipes* (Norman), with a key to the genus *Parathemisto*. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 54 : 915–924.

1975. Feeding and gut structure of *Parathemisto gaudichaudi* (Guerin) (Amphipoda, Hyperiidea). J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 55 : 641–656.

SHEN, Y.C. 1966. The distribution and morphological variation of certain euphausiids and pelagic amphipods in tropical, northwest Atlantic and Canadian Arctic waters. Thèse de maîtrise, Univ. McGill, Montréal (Québec). 90 p.

SMITH, D.L. 1977. A guide to marine coastal plankton and marine invertebrate larvae. Kendall/Hunt Publ. Co., Dubuque, Iowa. 158 p.

SMITH, R.I. 1964. Key to marine invertebrates of the Woods Hole Region. Contrib. 11, Systematics-Ecol. Pgm., Mar. Biol. Lab., Woods Hole, MA, 208 p.

TATTERSALL, W.M. 1939. The Mysidacea of the eastern Canadian waters. J. Fish. Res. Board Can. 4 : 281–286.

TRITES, R.W. 1962. Temperature and salinity in the Quoddy Region of the Bay of Fundy. J. Fish. Res. Board Can. 19 : 975–977.

TYLER, A.V. 1972. Food resource division among northern marine, demersal fishes. J. Fish. Res. Board Can. 29 : 977–1003.

UNESCO. 1968. Zooplankton sampling. UNESCO Monogr. Oceanogr. Methodol. 2 : 174 p.

1976. Zooplankton fixation and preservation. UNESCO Monogr. Oceanogr. Methodol. 4 : 350 p.

WATLING, L. 1979. Marine flora and fauna of the northeastern United States. Crustacea : Cumacea. U.S. Dept. Commerce NDAA Tech. Rep. NMFS Circ. 423 : 22 p.

WATSON, E.E. 1936. Mixing and residual current in the tidal waters as illustrated in the Bay of Fundy. J. Biol. Board Can. 2 : 141–208.

WILLIAMS, A.B., T.E. BOWMAN ET D.M. DAMKAER. 1974. Distribution, variation and supplemental description of the opossum shrimp *Neomysis americana* (Crustacea : Mysidacea). Fish. Bull. 72 : 835–842.

CHAPITRE 13

Microzooplancton

JOHN C. ROFF

Département de zoologie
Collège des Sciences biologiques
Université de Guelph
Guelph (Ontario) Canada N1G 2W1

Introduction

Le terme microzooplancton ne reçoit pas de définition précise, mais Bougis (1976) fournit certains renseignements utiles pour le classement des organismes planctoniques selon la taille. Le présent chapitre porte principalement sur les organismes dont la taille se situe, grosso modo, entre 100 µm et 10 mm, soit deux ordres de grandeur. Le phytoplancton et le macrozooplancton (taille supérieure à 1 cm) sont traités respectivement aux chapitres 11 et 12. Comme introduction générale au plancton marin, le guide pratique de Newell et Newell (1963) est excellent, et l'ouvrage de Smith (1977), utile. Nous recommandons fortement les ouvrages de Bougis (1976) et de Raymont (1963), qui traitent de l'écologie du plancton en général et celui de Hardy (1956), dont les descriptions sont plus détaillées. Ces auteurs donnent des renseignements taxinomiques précis.

On s'est peu intéressé au microzooplancton de la région de Quoddy ces dernières années (une liste des études de ces organismes apparaît dans Legaré et MacLellan, 1960.) Les études les plus complètes sur la région considérée demeurent celles de Fish et Johnson (1937) et de Legaré et MacLellan (1960), qui portent sur le microzooplancton et le macrozooplancton. Le volumineux rapport de Bigelow (1926) sur le golfe du Maine est aussi un document indispensable.

Le microzooplancton de la baie de Fundy forme un mélange riche, sinon quelque peu imprévisible, d'espèces néritiques, océaniques et intermédiaires, y compris les formes arctiques, boréales et méridionales. Pour plusieurs de ces espèces, la limite de l'aire de répartition se situe dans la région de Quoddy. Tout comme le macrozooplancton (chap. 12), le microzooplancton de la baie Passamaquoddy est moins varié que celui de la baie de Fundy. Cependant, plusieurs espèces de microzooplancton, contrairement à celles de la première catégorie, comptent d'importants peuplements reproducteurs dans la baie Passamaquoddy, et certaines espèces estuariennes sont virtuellement limitées à ce seul endroit.

La majeure partie de l'holozooplancton — l'ensemble des organismes permanents du plancton animal — des océans est formée de Copépodes. En général, c'est également le cas dans la région de Quoddy, et c'est pourquoi cette sous-classe reçoit ici un traitement privilégié. Néanmoins, nous tenterons d'accorder la place qui leur revient aux autres groupes du microzooplancton dont il n'est pas question ailleurs dans le présent ouvrage, qu'il s'agisse de l'holoplancton ou du méroplancton — organismes planctoniques, notamment les larves, dont une partie du cycle biologique se poursuit dans le benthos ou le necton.

Méthodes de capture et de conservation des spécimens

Même s'il existe différents échantillonneurs traînés et de nombreux filets ouvrants et fermants (p. ex., Longhurst *et al.*, 1966; Sameoto *et al.*, 1977) et si de nouvelles méthodes d'échantillonnage sont constamment mises au point, le filet à plancton conique demeure un outil classique pour la capture du zooplancton. Tout planctologiste digne de ce nom se doit de consulter attentivement les publications de l'UNESCO sur l'échantillonnage du zooplancton (UNESCO, 1968) et sur la fixation et la conservation des spécimens (UNESCO, 1976) avant de planifier des campagnes d'échantillonnage. Ces documents contiennent quantité de renseignements sur l'organisation des échantillonnages, les méthodes de travail sur le terrain, les organismes cibles selon les différentes grandeurs de maille, le coefficient de filtration des engins de capture et le choix des filets.

Dans la plupart des cas, le filet de type SCOR de 0,5 m est l'engin le plus polyvalent : à l'état neuf, son coefficient de filtration initial est d'environ 85 % et il filtre probablement l'eau avec une efficacité de plus de 50 % lorsqu'il est traîné pendant de courtes périodes. Il peut être traîné verticalement, horizontalement ou obliquement, et les prises peuvent s'exprimer en nombre d'organismes capturés par mètre cube ou mètre carré à une profondeur donnée.

Il est souhaitable de traîner les filets à une vitesse d'environ 0,5 m/s lorsque ceux-ci sont remontés à la verticale, mais il peut être nécessaire d'augmenter la vitesse de trait jusqu'à 2 m/s pour l'utilisation à l'horizontale des filets à mailles plus grandes afin de maintenir le cône ouvert et d'optimiser le coefficient de filtration (Roff et Lam, données inédites). Mais il n'est pas recommandé de dépasser cette vitesse, car le coefficient de filtration ne peut être augmenté davantage et l'accroissement de la vitesse impose une contrainte à l'engin du fait de l'augmentation de la pression de filtration.

Les filets à plancton peuvent avoir des mailles de 50 à 250 µm environ. Le filet à mailles de 65 µm a de nombreuses utilités : il peut capturer la plupart des grands Copépodes très efficacement par comparaison avec un filet à mailles plus grandes, il retient les organismes aux premiers stades de développement (y compris les jeunes nauplius) et il ne laisse pas échapper les Cladocères et les Tintinnidiens. Si l'on ne désire pas capturer des espèces de petite taille ou des individus aux premiers stades de développement, le filet à mailles de 200 µm permet la capture de la plupart des organismes dont la taille dépasse à peu près celle de *Pseudocalanus minutus* au

stade copépodite III. Pour en connaître davantage sur les dimensions, les types et les fournisseurs du filet SCOR standard de 0,5 m, il suffit de s'adresser à l'auteur.

La durée et la profondeur des échantillonnages varient selon les besoins. Si l'on désire capturer des spécimens vivants, les traits doivent être de courte durée. En août dans la baie Passamaquoddy, il suffit de cinq minutes pour remplir un filet d'*Acartia* et de *Coscinodiscus*. Pour les études quantitatives, il faut faire appel à un mesureur de flux étalonné pour calculer le coefficient de filtration net *in situ*. Les méthodes de préservation du zooplancton marin sont décrites en détail dans UNESCO (1976). Parmi les divers choix possibles, une solution d'eau de mer à 4 % de formaldéhyde continue d'être considérée par un grand nombre comme le meilleur réactif servant à fixer et à conserver les caractères taxinomiques et morphologiques du zooplancton marin mixte, selon Steedman (1976). Les principaux problèmes d'utilisation du formaldéhyde sont dus à son acidité : celui-ci dissout le carbonate de calcium contenu dans les squelettes. Pour réaliser un tamponnage, la poudre de $CaCO_3$ se révèle le moyen le plus efficace. Toutefois, pour la plupart des spécimens, il n'est pas nécessaire d'avoir recours à la neutralisation, à condition qu'on veuille conserver seulement leurs caractères morphologiques externes. Si la perte des couleurs, des esters, etc. n'est pas importante, les échantillons peuvent demeurer indéfiniment dans une solution à 4 % de formaldéhyde. Les estimations de la biomasse devraient être effectuées dès la capture des spécimens, après leur lyophilisation ou après leur stabilisation pendant environ deux semaines si ceux-ci ont été fixés dans une solution à 1 ou 2 % de formaldéhyde (UNESCO, 1976).

Pour les études taxinomiques, l'emploi d'un microscope binoculaire à pouvoir grossissant atteignant 80 × est généralement suffisant une fois que les espèces à l'étude sont connues. Pour garantir une identification initiale correcte, la dissection des appendices ou d'autres parties du corps ou le montage de tout le spécimen peut être nécessaire. Un milieu miscible dans l'eau, tel un milieu Turtox à faible viscosité contenant de la fuchsine acide, colore rapidement les appendices et facilite l'examen détaillé des soies. L'examen de spécimens entiers au microscope composé inversé peut permettre d'éviter la dissection des appendices.

Les examens taxinomiques détaillés des microcrustacés demandent de la patience et de la pratique; mieux vaut apprendre ces techniques de quelqu'un qui les connaît parfaitement. Les auteurs suivants renseigneront le lecteur sur l'identification des divers groupes planctoniques : Brodsky (1967), Newell et Newell (1963), Owre et Foyo (1967), Roff (1978), Sars (1903, 1918) et Wilson (1932). Newell et Newell (1963) et Roff (1978) font référence aux données détaillées contenues dans les *Fiches d'identification du zooplancton* publiées par le CIEM (Conseil international pour l'exploration de la mer).

Groupes du microzooplancton

Formes méroplanctoniques

Il est surprenant de constater qu'on s'est peu préoccupé d'identifier les formes larvaires du zoobenthos de la région de Quoddy, à l'exception des Polychètes, car les formes méroplanctoniques constituent peut-être un aliment important pour plusieurs espèces de poissons au stade larvaire. Les larves de Polychètes (fig. 1) sont relativement bien connues dans la région considérée; Lacalli (1980) en a décrit 30 espèces appartenant à 17 familles.

Habituellement, on trouve des larves de Polychètes dans le plancton entre mars et septembre, et la plupart des espèces émettent leurs oeufs en mai et en juin. La forme larvaire fondamentale est la trochophore (fig. 1), mais celle-ci peut faire place à une larve vermiforme plus évoluée, en particulier si l'animal pond des oeufs à vitellus abondant (Lacalli, 1980) et si la larve est lécithotrophe — pour plus de détails sur ce groupe, consulter ce dernier auteur (1980). Les Polychètes planctoniques macroscopiques ont été traités au chapitre 12.

Beaucoup d'espèces de Mollusques habitent temporairement le monde planctonique sous forme de larves véligères (fig. 2). Plusieurs espèces de Mollusques intertidaux et subtidaux ont été observées dans la région de Quoddy (Fish et Johnson, 1937; Legaré et MacLellan, 1960), notament *Mytilus, Placopecten* et *Littorina*, surtout en été et en automne. Pour identifier les principales espèces locales, consulter Sullivan (1948). Les espèces macroscopiques du plancton sont décrites au chapitre 12.

Presque tous les Échinodermes possèdent des larves planctoniques, mais une variété complexe de types larvaires apparaît après le stade dipleurula, chaque classe d'Échinoderme ayant son type propre (voir Newell et Newell, 1963). La région de Quoddy abrite plusieurs espèces planctoniques communes; les larves d'*Asterias vulgaris* (fig. 3) apparaissent au printemps, et celles de *Cucumaria frondosa*, entre mai et septembre.

Plusieurs membres de la classe des Crustacés qui sont benthiques au stade adulte produisent des larves planctoniques. Les larves de Balanes (ordre des Thoraciques) sont communes dans la région : *Balanus balanoides* (fig. 4) apparaît au printemps, et *Balanus crenatus*, à la fin de l'été et au début de l'automne (Fish et Johnson, 1937; Bousfield, 1954; Legaré et MacLellan, 1960). Des larves de *Balanus improvisus* ont également été vues dans la baie de Fundy (Bousfield, 1954).

Pour ce qui est des Macroures, des larves de homard (*Homarus americanus*) ont été observées dans la baie Passamaquoddy (Wilder, 1950), mais celles-ci sont rares, car les peuplements adultes les plus abondants se trouvent très loin de la région de Quoddy. Des larves d'Anomoures, dont le bernard-l'ermite *Pagurus*, se sont manifestées dans la région à l'étude (Fish et Johnson, 1937). En fait, à la fin de l'été, les oeufs de femelles grainées peuvent facilement éclore en laboratoire. Il faut donc considérer avec réserve les anciens rapports d'observation de larves de Brachyoures (les crabes authentiques; fig. 5). Ce n'est que récemment que de bonnes descriptions de spécimens élevés en laboratoire ont été publiées, p. ex., *Cancer borealis* et *C. irroratus* (respectivement le crabe nordique et le crabe commun) (Sastry, 1977a, b) ainsi que *Hyas araneus* et *H. coarctanus* (Christiansen, 1973).

Récemment, Roff *et al.* (1983) ont observé 35 taxons de larves de Brachyoures, sous forme de zoés et de mégalopes, au-dessus du plateau continental Scotian et dans le secteur extérieur de la baie de Fundy. Ces espèces peuvent

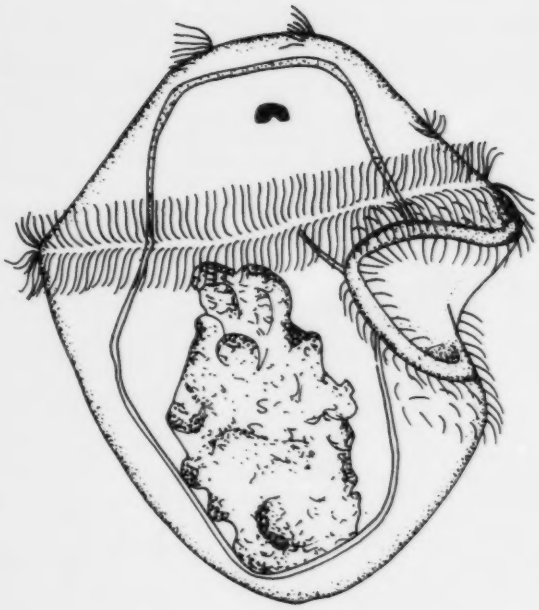


FIG. 1. Trocophore du Polychète *Harmothoe imbricata*.

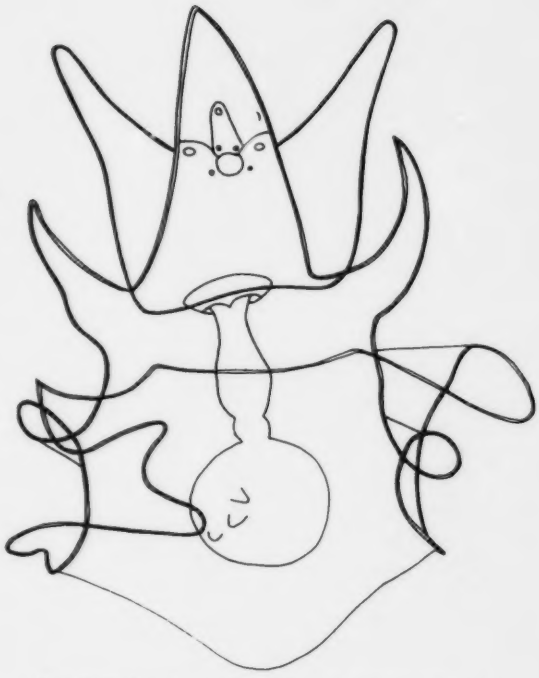


FIG. 3. Bipinnaria de l'Échinoderme *Asterias vulgaris*.

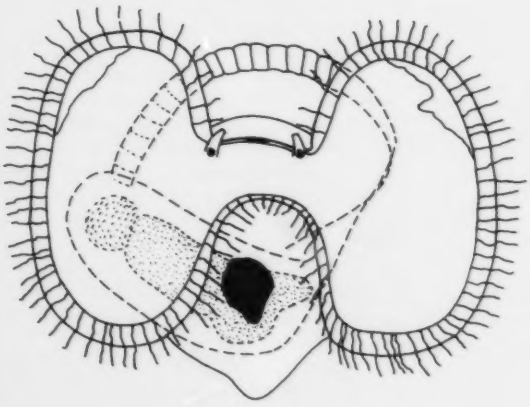


FIG. 2. Larve véligère du Mollusque *Littorina littorea*.

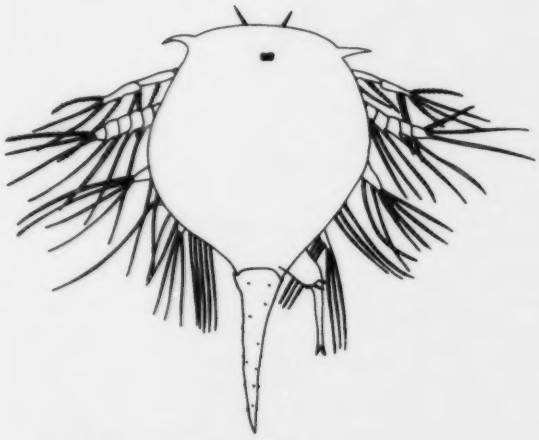


FIG. 4. Larve du Crustacé *Balanus balanoides* au stade nauplius.

se subdiviser en sous-espèces indigènes locales et en sous-espèces allochtones du Sud. L'analyse de groupes récurrents de plusieurs milliers d'échantillons révèle qu'il y a peu de chevauchement entre les deux groupes (Roff, données inédites). La région de Quoddy représente la limite littorale nord de l'aire de répartition des allochtones du Sud, même si ces derniers gagnent le Nord jusqu'à la limite du plateau continental Scotian. Le groupe allochtone du Sud comprend des larves d'étrilles (appartenant aux Portunidés) et, notamment, des Calappidés et des Ocypodidés, qui ne vivraient pas dans les eaux atlantiques du Canada. Les zoés ou les mégalopes les plus susceptibles d'être observés dans la région considérée sont ceux de *Cancer borealis* et *C. irroratus*, les deux espèces d'*Hyas* et, surtout à proximité des côtes, de *Carcinus maenas* (fig. 5).

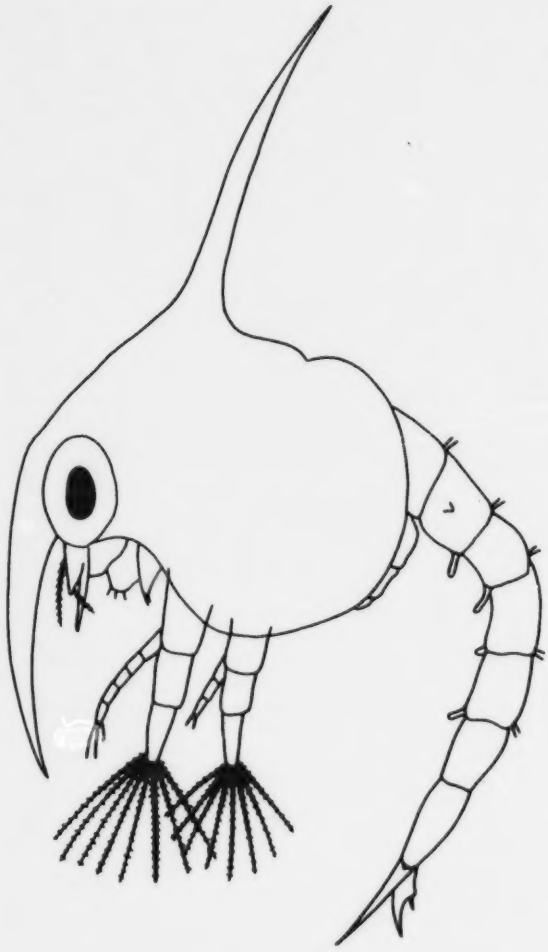


FIG. 5. Larve de Crustacé — zoé de *Carcinus maenas*.

Parmi les phylums inférieurs, les larves des Phoronidiens (fig. 6) (Wiley, 1915) et d'Ectoproctes (≡ Bryozoaires, fig. 7) apparaissent dans la région de Quoddy, mais elles ont reçu peu d'attention récemment. Chez les Hémicordés, une larve tornaria est habituellement produite, mais le *Saccoglossus* local, tout comme son pendant britannique, peut simplement produire une larve lécithotrophe qu'on ne voit pratiquement jamais dans le plancton (Newell et Newell, 1963).

HOLOZOOPLANCTON NON CRUSTACÉ

Bien que les Pyrrhophytes et les autres groupes de Flagellés unicellulaires soient souvent convoités par les zoologistes, il serait plus correct de les classer dans le phytoplancton (voir chapitre 11). Les autres groupes importants d'organismes unicellulaires du plancton (les Protozoaires) sont les Foraminifères, les Radiolaires, les Oligotriches et les Tintinnidiens. Récemment, ces groupes ont reçu peu d'attention sur la côte est, sauf de la part de Johansen (1976).

Ce manque d'intérêt est décevant, d'autant qu'il est de plus en plus évident que les Tintinnidiens, par exemple, pourraient être d'importants brouteurs de Phytoflagellés plus petits et qu'ils pourraient apporter une grande contribution à la production de matières nutritives dans la région à l'étude (p. ex., Antia *et al.*, 1980). Plusieurs espèces de Tintinnidiens, notamment des genres *Parafavella* (Jermolajev, 1958) et *Tintinopsis*, sont communes dans la région de Quoddy; elles sont facilement identifiables pour l'observateur averti aidé de l'ouvrage de Marshall (1969).

Quelques espèces du phylum *Rotifera* ont été observées dans la région de Quoddy (Fish et Johnson, 1937), bien que ce groupe ne soit pas écologiquement dominant dans les régions marines.

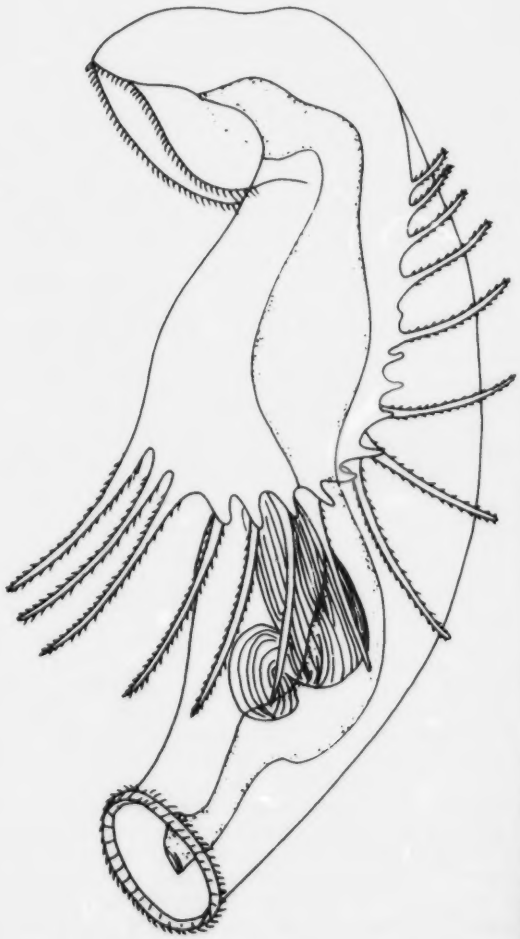


FIG. 6. Actinotroque de *Phronis* sp. (Phoronidien).

Les Appendiculaires (classe des Copélates (≡ Appendiculaires) du phylum Urochordé) sont un groupe de petits Tuniciers qui gardent leur corde dorsale et leur queue au stade adulte. Ils construisent un habitacle transparent comprenant un filtre à mailles fines que traverse l'eau grâce aux mouvements de leur queue. Pendant la capture, les Appendiculaires perdent habituellement leur habitacle.

Dans la région de Quoddy, on peut rencontrer deux espèces d'Appendiculaires, *Fritillaria borealis* et *Oikopleura dioica* (fig. 8) (Fish et Johnson, 1937), bien que plusieurs autres espèces soient communes au large de la côte est de la Nouvelle-Écosse.

Les autres organismes holoplanctoniques non crustacés macroscopiques sont traités au chapitre 12.

Microcrustacés

Les petits crustacés dominent chez les métazoaires du plancton. Les puces d'eau (sous-ordre des Cladocères), qui comprennent deux genres et jusqu'à cinq espèces par endroits, en constituent un élément inférieur. Comme groupe, les Cladocères sont beaucoup plus abondants et diversifiés dans les eaux douces de l'Amérique du Nord. Dans la région de Quoddy, les deux espèces les plus communes sont *Evadne nordmanni* (fig. 9) et *Podon leucarti* (fig. 10), qui sont facilement reconnaissables à leur oeil composé unique, à leur grande antenne et à leurs membres natatoires phyllopodes (voir Newell et Newell, 1963). Ceux-ci sont très communs dans la baie Passamaquoddy en été et au début de l'automne; généralement capturés à la surface de l'eau ou à proximité de celle-ci, ils portent souvent des oeufs dans leur sac ovigère dorsal. Les deux espèces font partie du principal groupe récurrent de la baie de Fundy (fig. 13 et 14).

Une seconde espèce du genre *Evadne, E. spinifera*, est commune à l'extérieur de la baie Passamaquoddy, où deux autres espèces du genre *Podon, P. intermedius et P. polyphemoides*, ont également été vues (Fish et Johnson, 1937). Les Cladocères constituent une proie fort prisée des larves de poissons neustoniques (Coates et Roff, données inédites).

Bien que les Ostracodes puissent parfois former une fraction importante du zooplancton océanique (Angel et Fasham, 1975), ils sont rarement abondants dans les eaux littorales. Enfin, les Copépodes, dernier groupe de microcrustacés, composent habituellement la majeure partie du zooplancton métazoaire.

Biologie et distribution des Copépodes

Les Copépodes dominent le zooplancton, et une espèce, *Calanus finmarchicus* (*sensu lato*) (fig. 11), serait le Métazoaire le plus abondant au monde (Russell-Hunter, 1970). Les Copépodes des eaux atlantiques du Canada ont une taille qui varie de moins de 1 mm à environ 1 cm. Ils sont formés d'un métasome (fusion de la tête et du « thorax »), portant un seul oeil nauplien médian et les appendices destinées à l'alimentation et à la natation ainsi qu'un petit urosome postérieur (l'« abdomen »).

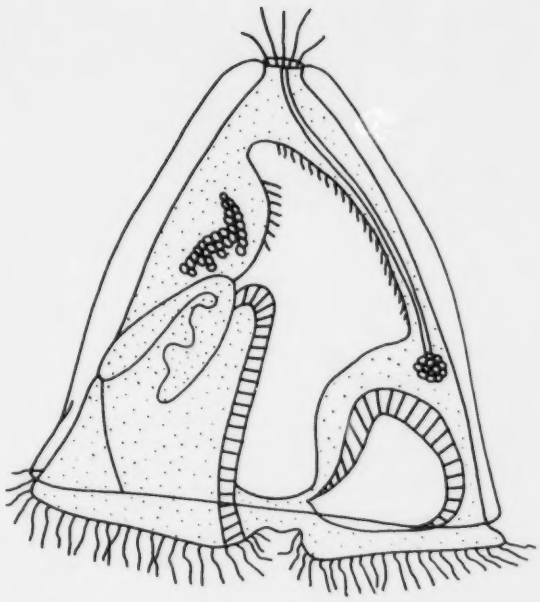


FIG. 7. Larve d'Ectoprocte — cyphonautes de *Membranipora* sp.

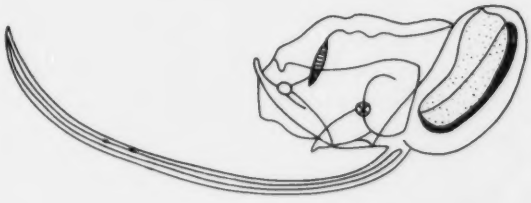


FIG. 8. *Oikopleura dioica* (Appendiculaire).

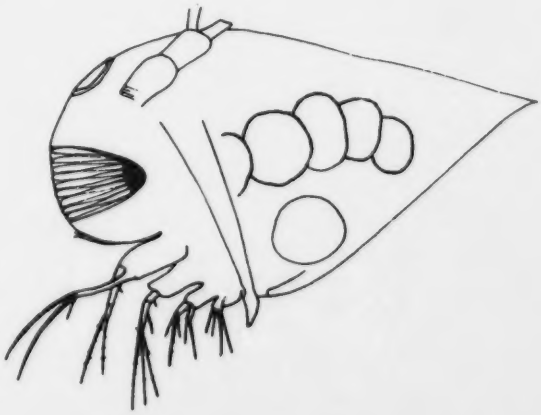


FIG. 9. *Evadne nordmanni* (Cladocère).

Le cycle vital des Copépodes comprend six stades naupliens, six stades copépodites et, après la dernière mue, le stade adulte. Nombre d'espèces boréales hivernent aux derniers stades copépodites ou en tant qu'adultes. À chaque mue, de nouveaux appendices ou bourgeons s'ajoutent ou les appendices existants évoluent progressivement vers l'état adulte. Le développement est progressif, et la principale métamorphose ne s'effectue qu'entre le sixième stade nauplien et le premier stade copépodite. Les Copépodes sont dioïques; le nombre d'individus de chaque sexe varie considérablement selon l'espèce, les mâles étant soit du même nombre, soit beaucoup moins abondants que les femelles. La femelle fécondée émet ses oeufs un à un ou les conserve dans des sacs ovigères fixés à son urosome.

Les ouvrages détaillés de Marshall et Orr (1972) et de Corkett et McLaren (1978) traitent du cycle vital d'espèces représentatives et comportent une introduction générale à l'anatomie et à la biologie des Copépodes. Au débutant qui pourrait avoir du mal à identifier les espèces et le groupe des Copépodes, nous recommandons l'ouvrage de Newell et Newell (1963) en guise d'introduction. La classe des Copépodes comprend sept ordres, dont quatre (p. ex., les Monstrillidés, qu'on observe parfois dans la région étudiée) sont parasites à l'état de larve ou d'adulte; ces derniers ne seront pas considérés ici.

Parmi les trois ordres évoluant à l'état libre, les Harpactidés sont surtout benthiques, bien qu'une espèce, *Microsetella norvegica*, soit observée souvent, surtout dans les régions turbulentes en profondeur ou lorsqu'un filet touche le fond. Les Cyclopes, quant à eux, sont représentés localement par cinq espèces, toutes méridionales, à l'exception d'*Oithona similis* (fig. 12), qui peut être très abondante par endroits. Le reste des 48 espèces de Copépodes figurant au tableau 1 sont des Calanes.

Les Cyclopes ont longtemps été considérés comme des prédateurs, alors qu'on croyait que les Calanes étaient souvent tout à fait herbivores. Toutefois, plusieurs études du comportement alimentaire des Calanes ont montré que de nombreuses espèces sont également prédatrices et que beaucoup d'autres le sont à l'occasion. Ces organismes ont donc un régime très varié et très étendu, car ils sont friands non seulement de phytoplancton, mais de détritus, de protozoaires et même d'autres animaux planctoniques.

FIG. 10. *Podon leucarti* (Cladocère).

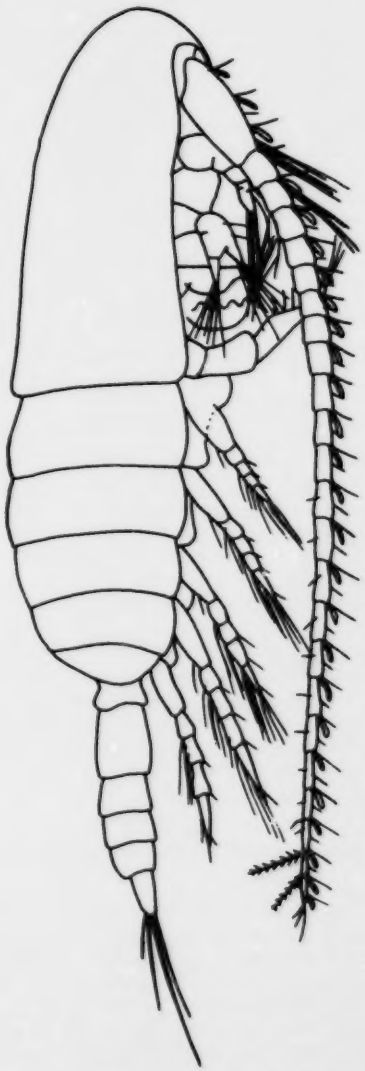


FIG. 11. *Calanus finmarchicus* (Copépode).

TABLEAU 1. Liste des Copépodes (Calanes et Cyclopes) observés dans la région de Quoddy, selon la répartition géographique (No. : Nord; B : régions boréales; S : Sud) et le secteur océanique (E : eaux estuariennes, N : secteurs néritiques; I : secteurs intermédiaires; O : secteurs océaniques; voir Colebrook, 1964) (D'après Roff, 1978, données inédites; Legaré et MacLellan, 1960; et Shih *et al.*, 1971).

Espèces	Autorité	Répartition géographique		Secteur océanique
Acartia bifilosa	(Giesbrecht)	B		E, N
Acartia clausi	Giesbrecht	B		N
Acartia danae	Giesbrecht	S		
Acartia discaudata	Giesbrecht	B		N
Acartia longiremis	(Lilljeborg)	B		N
Acartia tonsa	Dana	B		E, N
Aetideus armatus	(Boeck)	S	(Répandu)	
Anomalocera patersoni	Templeton	B		I
Calanus finmarchicus	(Gunnerus)	B	(Répandu)	I
Calanus glacialis	Yashnov	No.		O
Calanus hyperboreus	Krøyer	No.		O
Calocalanus pavoninus	Farran	S		
Candacia armata	(Boeck)	S	(Répandu dans les eaux boréales)	I
Centropages bradyi	Wheeler	S		O
Centropages hamatus	(Lilljeborg)	B		N
Centropages typicus	Krøyer	B		I
Clausocalanus arcuicornis	Dana	S		
Eucalanus elongatus	(Dana)	S		
Euchaeta norvegica	Boeck	No.		O
Euchirella rostrata	(Claus)	S		
Eurytemora americana	Williams	B		E, N
Eurytemora herdmani	Thompson & Scott	B		E, N
Eurytemora hirundoides	(Nordquist)	B		E, N
Gaidius tenuispinus	(G.O. Sars)	S	(Répandu)	
Haloptilus longicornis	(Claus)	S	(Répandu)	
Labidocera aestiva	Wheeler	B		
Lucicutia flavicornis	(Claus)	S		
Mecynocera clausil	I.C. Thompson	S		
Metridia longa	Lubbock	No.		O
Metridia lucens	Boeck	B		I
Microcalanus pusillus	G.O. Sars	No.		
Nanocalanus minor	(Claus)	S		
Oithona plumifera (C)	Baird	S		
Oithona similis (C)	Claus	B		
Oithona spinirostris[b] (C)	Claus	B		
Oncaea conifera (C)	Giesbrecht	S		
Oncaea venusta (C)	Philippi	S	(Répandu)	
Paracalanus parvus	(Claus)	S, B		I
Pleuromamma borealis	(Dahl)	S		O
Pleuromamma robusta	(Dahl)	S, B	(Répandu)	O
Pseudocalanus minutus	(Krøyer)	B		I
Pseudodiaptomus coronatus	Williams	B		E, N
Rhincalanus nasutus	Giesbrecht	S		O
Sapphirina gemma (C)	Dana	S		
Scolecithricella minor	(Brady)	No.		
Scolecithrix danae	(Lubbock)	S		
Temora longicornis	(O.F. Muller)	B		N, I
Temora stylifera	(Dana)	S		
Tortanus discaudatus	(Thompson & Scott)	B		E, N

[a] C : Cyclope

[b] Espèce non valide, selon Shih *et al.* (1971).

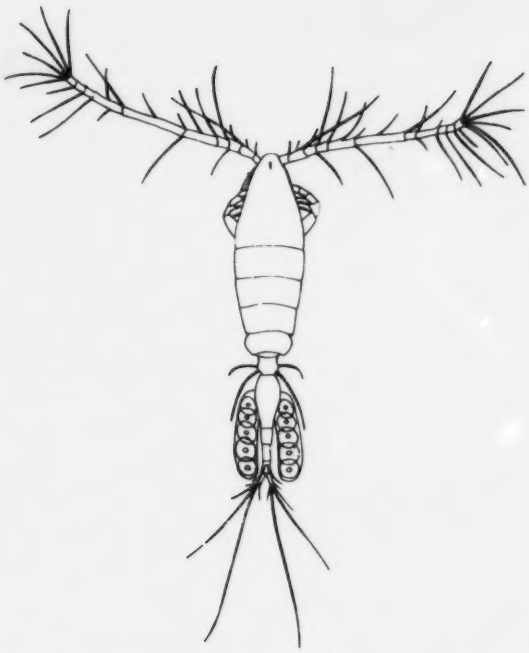


FIG. 12. *Oithona similis* (Copépode).

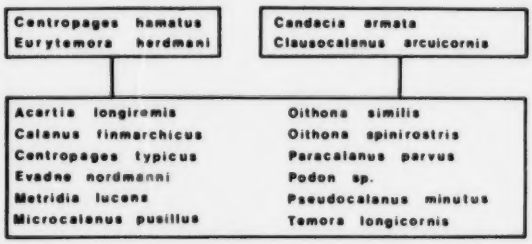


FIG. 13. Groupes récurrents de la baie de Fundy; juillet –août 1979 (49 postes d'échantillonnage).

Nous n'aborderons pas les aspects des habitudes alimentaires, de la dynamique des populations ou de la production des Copépodes puisque ceux-ci n'ont fait l'objet d'aucune étude locale. À ce sujet, nous recommandons les ouvrages récents d'Edmondson et Winberg (1971), de Greze (1978) et de Conover (1978).

Bien que la liste des espèces de Calanes et de Cyclopes de la baie de Fundy soit impressionnante (tableau 1), les échantillonnages ne permettent de capturer que quelques espèces; ce sont les peuplements allochtones du Sud qui sont les plus diversifiés. En été, il n'est pas rare de capturer des spécimens de 6 à 17 espèces par échantillonnage entre la baie Passamaquoddy et le secteur extérieur de la baie de Fundy.

La distribution du plancton marin est continue par nature, et toute tentative pour délimiter avec précision

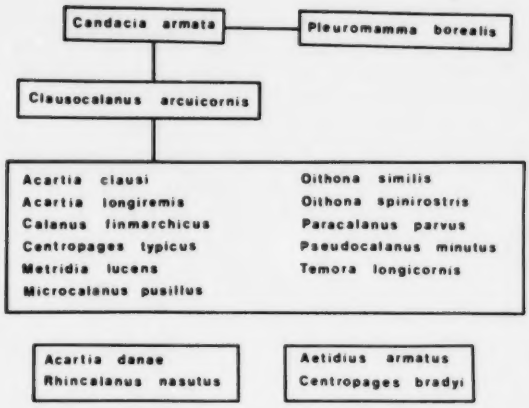


FIG. 14. Groupes récurrents de la baie de Fundy; novembre 1979 (57 postes d'échantillonnage).

l'aire de distribution des espèces se solde par un échec. Il est préférable de faire une description continue des aires de distribution, comme celle de Colebrook (1964). Toutefois, il est possible de déceler de vagues affinités zoogéographiques entre certaines espèces, comme le montre le tableau 1. Pour des besoins de continuité, nous avons adopté la classification de Legaré et MacLellan (1960) qui divise la faune locale de la manière suivante : méroplancton (voir ci-dessus ≡ benthonique), plancton néritique (c.-à-d. néritique boréal), plancton boréal (des mers des zones tempérées et du Nord), plancton du Nord (régions arctiques) et plancton du Sud (c.-à-d. des régions tropicales et subtropicales).

Selon Colebrook (1964), plusieurs espèces du plancton boréal sont en fait plus ou moins à mi-chemin entre les espèces véritablement océaniques et les espèces néritiques. Par conséquent, les principales espèces vivant au-dessus du plateau continental Scotian — *Calanus finmarchicus, Paracalanus parvus, Pseudocalanus minutus, Centropages typicus* et *Metridia lucens* — ne sont ni entièrement néritiques ni tout à fait océaniques.

Certaines espèces sont répandues (cosmopolites) : on les trouve en eaux profondes dans les régions tropicales et subtropicales, mais plus près de la surface dans les régions subarctiques. Donc, il n'est peut-être pas raisonnable d'attribuer des latitudes d'origine ou de créer des classes exclusives. Il serait même utile de former des groupes transitoires, comme le suggère Bary (1963). En outre, certaines espèces répandues pourraient comprendre plusieurs formes ou sous-espèces (p. ex., *Rhincalanus nasutus*; Brodsky, 1979), qui ne sont généralement pas reconnues. Dans un cas, notamment, le problème a été résolu adéquatement : il est maintenant reconnu que *Calanus finmarchicus* (*sensu lato*) comprend au moins quatre sous-espèces (Brodsky, 1948, 1959; Jaschnov, 1955).

L'analyse des groupes de microzooplancton récurrents de la baie de Fundy (Fager et McGowan, 1963; fig. 13 et 14) indique clairement que la communauté est formée d'un mélange d'espèces boréales (intermédiaires d'après Colebrook, 1964), qui appartiennent au principal

groupe récurrent du plateau continental Scotian (Tremblay et Roff, données inédites), et de plusieurs espèces néritiques, dont *A. clausi*, *A. longiremis*, *Podon* sp. et *Evadne nordmanni*. L'influence des espèces *E. herdmani* et *C. hamatus*, entièrement néritiques, joue également dans un petit groupe secondaire (fig. 13). Le microzooplancton de la baie de Fundy exerce donc une influence évidente en milieu côtier.

En général, les peuplements d'espèces néritiques ont tendance à augmenter dans la baie de Fundy, ou dans les zones littorales (p. ex., *Eurytemora*; fig. 15), tandis que ceux d'espèces intermédiaires diminuent (p. ex., *Calanus* et *Pseudocalanus*; fig. 16 et 17). La diversité des peuplements (le nombre d'espèces capturées par échantillonnage) diminue également de moitié environ dans la baie (fig. 18), les espèces davantage océaniques étant remplacées, en moins grand nombre, par des espèces néritiques. Nous étudierons ci-après chacun des principaux groupes zoogéographiques.

Espèces néritiques

Plusieurs espèces peuvent être considérées comme vraiment néritiques, à savoir qu'elles ne vivent effectivement qu'en eaux côtières peu profondes : *Acartia* sp. (sauf *A. danae*), *Centropages hamatus*, *Eurytemora* sp. (fig. 15), *Pseudodiaptomus coronatus* et *Tortanus discaudatus*. D'après Legaré et MacLellan (1960), *A. clausi*, *E. herdmani* et *T. discaudatus* constituent environ 10 % du zooplancton de la région de Quoddy. La biologie du développement et le processus d'évolution des espèces néritiques n'ont pas été étudiés dans la région de Quoddy, mais ceux de plusieurs d'entre elles l'ont été ailleurs (voir ci-dessous).

On a observé plusieurs espèces d'*Acartia* dans la région de Quoddy (tableau 1), mais *A. clausi* (≡ *A. hudsonica*?; Bradford, 1976) est la plus abondante et elle y vit pendant toute l'année. C'est en été que celle-ci est la plus nombreuse; les peuplements les plus denses se trouvent à l'intérieur de la baie Passamaquoddy et près des passages. Bien qu'*A. clausi* se manifeste dans toute la baie de Fundy et fasse partie, comme *A. longiremis*, du principal groupe de microzooplancton récurrent (fig. 13 et 14), elle est néanmoins certainement endémique dans la baie Passamaquoddy.

On n'a pas déterminé combien de fois *Acartia clausi* se reproduisait chaque année dans la région de Quoddy. Selon Evans (1977), cette espèce se reproduit sept fois par année et *A. longiremis* quatre fois par année au large du Northumberland, en Grande-Bretagne, dans des zones où la température ressemble à celle de la baie Passamaquoddy. La fréquence de reproduction des espèces varie, en tout cas certainement selon la température et le régime alimentaire. D'après Heinle (1966), la période de reproduction d'*A. tonsa* n'est respectivement que de 7 et de 13 jours à 25,5 et à 15,5°C, et la durée des périodes de reproduction dérivée des échantillonnages est peut être sous-estimée. Celui-ci a calculé que *A. tonsa* contribuait probablement à lui seul pour plus de 50 % à la production secondaire dans l'estuaire de la Patuxent en été. Il est évident que les espèces néritiques jouent un rôle important dans la production secondaire dans les baies et les estuaires et qu'elles méritent une plus grande attention.

Eurytemora herdmani (fig. 15) est également abondant dans la baie Passamaquoddy, où il est certainement endémique. Il prolifère en eaux saumâtres; on trouve des femelles et des nauplius loin dans l'estuaire de la rivière St. Croix, où cette espèce est souvent dominante. *E.*

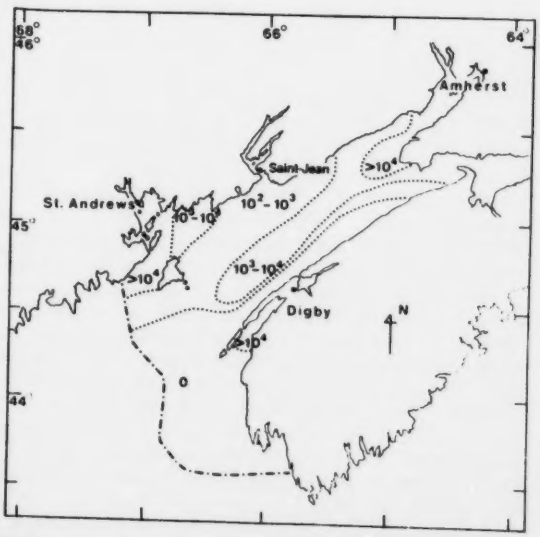


Fig. 15. Densité au mètre carré d'*Eurytemora herdmani* dans la baie de Fundy en juillet et en août 1979 (49 postes d'échantillonnage). Les lignes pointillées indiquent les limites d'échantillonnage.

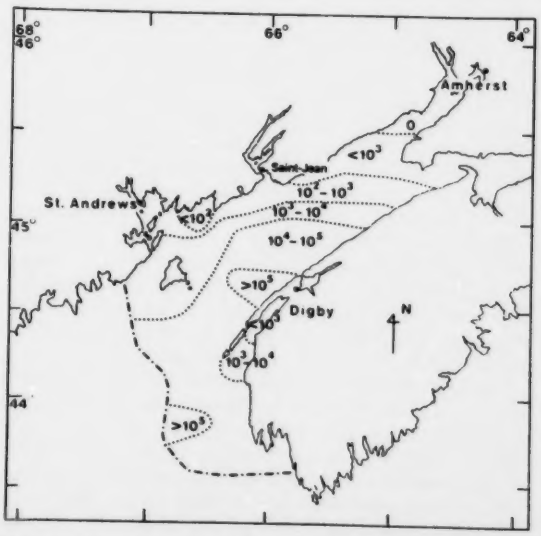


Fig. 16. Densité au mètre carré de *Calanus finmarchicus* dans la baie de Fundy en juillet et en août 1979 (49 postes d'échantillonnage). Les lignes pointillées indiquent les limites d'échantillonnage.

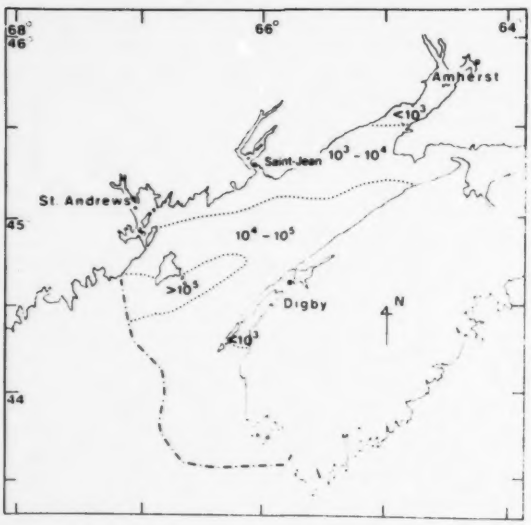


FIG. 17. Densité au mètre carré de *Pseudocalanus minutus* dans la baie de Fundy en juillet et en août 1979 (49 postes d'échantillonnage). Les lignes pointillées indiquent les limites d'échantillonnage.

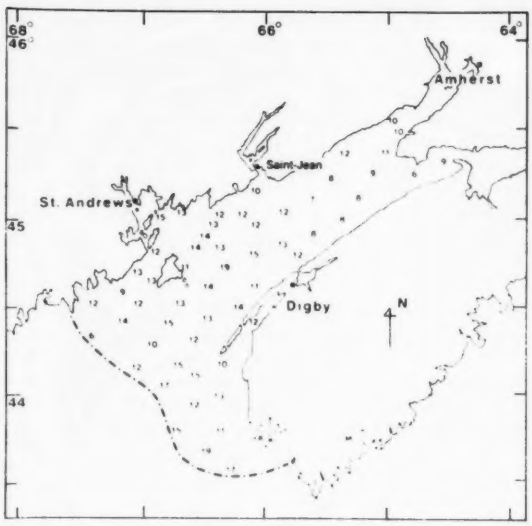


FIG. 18. Nombre d'espèces de Copépodes observées dans la baie de Fundy en novembre 1979 (57 postes d'échantillonnage).

herdmani évolue dans la région de Quoddy de mars ou avril jusqu'à octobre ou novembre (Legaré et MacLellan, 1960), et c'est en juillet ou en août qu'il est le plus abondant. Il est présent dans tout le golfe du Maine et dans la baie de Fundy, où il forme un groupe récurrent avec *Centropages hamatus*, qui présente certaines affinités avec des espèces du groupe principal de la baie de Fundy (fig. 13).

Il ne semble pas exister de données sur la fréquence de reproduction annuelle de cette espèce, mais *E. hirundoides* (≡ *E. affinis*; Katona, 1971), qui y est étroitement liée, est le plus abondant après *A. tonsa* seulement dans l'estuaire du Delaware (Cronin *et al.*, 1962). *E. herdmani* se reproduit certainement plusieurs fois par année dans la région de Quoddy et peut contribuer grandement à la production secondaire dans la baie Passamaquoddy.

Centropages hamatus est beaucoup moins abondant dans la région à l'étude que *C. typicus*, qui est davantage océanique. Ses oeufs y passent l'hiver (Pertsova, 1974; McLaren, 1978), mais c'est typiquement une espèce estivale à cet endroit, car elle y vit de la fin mars à septembre. En juillet et en août, elle forme, avec *Eurytemora herdmani*, un groupe néritique récurrent qui présente des affinités avec le groupe principal de la baie de Fundy (fig. 13). Ici encore, on ne connaît rien du cycle vital ou de la fréquence annuelle de reproduction de cette espèce dans la région de Quoddy. Selon McLaren (1978), *C. hamatus* se reproduit huit fois par année dans le loch Striven, en Écosse, où la température de l'eau dépasse un peu celle de la baie Passamaquoddy en été.

Tortanus discaudatus est également abondant dans la région de Quoddy, surtout dans l'estuaire de la rivière St. Croix et dans la baie Passamaquoddy, où les peuplements sont le plus denses. Il n'est pas abondant à l'extérieur de la baie Passamaquoddy et il ne s'associe à aucune autre espèce des groupes récurrents de la baie de Fundy. *T. discaudatus* passe peut-être toute l'année dans la région étudiée (Legaré et MacLellan, 1960), mais c'est en été ou en automne qu'il y est le plus abondant. Johnson (1934) a décrit son cycle vital dans le secteur de Friday Harbour, et Phillips (1976) a fait de même plus récemment au New Hampshire. Cette espèce se distingue comme un des Copépodes locaux les plus colorés. Au stade adulte ou à la fin du stade copépodite, *T. discaudatus* est facilement identifiable par son oeil nauplien remarquable, ses chromatophores mauve-rougeâtre et son urosome asymétrique. Il est certainement indigène de la baie Passamaquoddy.

Pseudodiaptomus coronatus, bien que commun dans le secteur intérieur de la baie de Fundy en été et en automne (Jermolajev, 1958; Roff, données inédites), ne gagne pas d'autres secteurs de cette baie (Fish et Johnson, 1937). Il s'agit fondamentalement d'une forme estuarienne épibenthique, qui n'est traitée ici que dans le but de réaliser une analyse complète. D'autres espèces considérées comme estuariennes ou néritiques dans le tableau 1 ont été vues dans la baie de Fundy ou le golfe du Maine, mais leur apport au microzooplancton de la région de Quoddy est négligeable. Donc, des espèces comme *A. tonsa*, *A. discaudata* et *E. hirundoides* forment habituellement des populations restreintes près de certains estuaires ou baies (Cronin *et al.*, 1962; Jermolajev, 1958), mais les facteurs limitant leur distribution sont peu connus.

ESPÈCES BORÉALES

Legaré et MacLellan (1960) ont constaté que dans la région de Quoddy, *Calanus finmarchicus*, *Pseudocalanus minutus* et *Centropages typicus* représentaient à eux seuls

84 % des captures annuelles de Copépodes. Avec *Temora longicornis* et *Metridia lucens*, ces espèces sont les Copépodes indigènes dominants du golfe du Maine et du secteur extérieur de la baie de Fundy (Bigelow, 1926; Fish et Johnson, 1937). En outre, *Paracalanus parvus* et *Oithona similis* doivent être considérés comme d'importants éléments récurrents de la faune de la baie de Fundy (fig. 13 et 14). Comme nous l'avons déjà noté, cette dernière est elle-même fortement influencée par l'apport d'espèces néritiques et de l'espèce septentrionale, *Microcalanus pusillus*, qui contribuent également au principal groupe récurrent de cette baie.

On observe *Calanus*, *Pseudocalanus* et *Centropages* à divers stades de développement pendant toute l'année dans la région de Quoddy; ceux-ci se reproduisent plusieurs fois par année et apparaissent aussi en abondance ailleurs. Le nombre d'individus diminue à mesure que l'on avance dans la baie de Fundy, et les concentrations les plus faibles sont observées le long du littoral du Nouveau-Brunswick (fig. 16 et 17). Ces espèces servent toutes de proies aux poissons adultes et à l'état larvaire de la région.

Calanus finmarchicus domine en nombre en automne et en hiver, où il peut former à lui seul plus de 80 % du zooplancton tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la baie Passamaquoddy (Legaré et MacLellan, 1960). *Centropages typicus* devient très abondant (jusqu'à 80 % du zooplancton) en automne à l'extérieur de la baie. *Pseudocalanus* est également abondant par endroits; il peut constituer respectivement jusqu'à 50 et 20 % des peuplements de zooplancton en été dans les passages et au printemps dans la baie Passamaquoddy (Legaré et MacLellan, 1960). Bien qu'on puisse observer *Calanus finmarchicus* au stade copépodite dans la baie Passamaquoddy, il est douteux que ce milieu lui soit propice, et il n'y termine probablement pas son cycle vital. Il en est sans doute de même pour *Pseudocalanus*, bien qu'il y produise des oeufs (Fish, 1936b). À cet égard, ces espèces boréales intermédiaires sont peut-être totalement indépendantes des espèces néritiques.

Dans leurs travaux sur le zooplancton, Fish et Johnson (1937) ont distingué l'abondance (le nombre d'individus observés) et la production (qui dépend, selon eux, de l'origine des individus et de l'époque). D'après les courants, mesurés au moyen de bouteilles dérivantes, et les variations saisonnières de l'abondance du zooplancton, ils ont conclu que l'ouest du golfe du Maine était probablement le centre de production des espèces boréales dominantes. Ils ont considéré ensuite que les Copépodes du printemps colonisaient la baie de Fundy, qui accusait un retard du point de vue de l'abondance saisonnière. Le volume total du zooplancton était beaucoup plus faible dans la région de Quoddy que dans le secteur extérieur de la baie de Fundy appartenant à la Nouvelle-Écosse (Fish et Johnson, 1937).

Globalement, le zooplancton semblait avoir un développement saisonnier plus tardif dans la baie de Fundy que dans le golfe du Maine, car il n'était abondant que dans le centre du secteur extérieur de la baie en août et en septembre (Fish et Johnson, 1937). Jermolajev (1958) est venu appuyer cette hypothèse en montrant qu'il n'y avait presque aucune production de zooplancton dans le secteur intérieur de la baie de Fundy et le chenal Minas. Selon lui, les organismes zooplanctoniques qui y vivaient provenaient du golfe du Maine ou étaient des espèces estuariennes résidentes. D'après Gran et Braarud (1935), la production de phytoplancton était faible, et donc, les réserves de nourriture du zooplancton réduites, dans la baie de Fundy à cause de la turbidité et du mélange tidal élevés. Jermolajev (1958) a également observé que *Calanus* perdait ses réserves lipidiques au fur et à mesure qu'il gagnait le secteur intérieur de la baie de Fundy, appuyant ainsi l'hypothèse de la limitation des réserves alimentaires. De toute évidence, l'importante chute du nombre de *Calanus* vers l'intérieur de la baie de Fundy (fig. 16) révèle que ce milieu ne lui est pas favorable.

Fish (1936a), dans une analyse plus détaillée de la distribution et de l'abondance saisonnières de *Calanus finmarchicus*, a montré que cette espèce se reproduit probablement trois fois par année — en mars et en avril, en juin et en juillet, et en septembre — dans le golfe du Maine, à l'ouest de l'île Mount Desert. À l'est de cette île, il se produisait seulement deux pontes, moins bien définies, en avril et en mai ainsi qu'en juillet et en août. Fish (1936a) en a donc conclu qu'aux *Calanus* du printemps dans la baie de Fundy s'ajoutaient des individus en provenance du golfe du Maine. Bien que *Calanus* semble se reproduire en été dans le secteur extérieur de la baie de Fundy, ce nouvel effectif peut également se gonfler progressivement et continuellement pendant tout l'été des immigrants amenés par la circulation du golfe.

Les Copépodes se reproduisent à une fréquence variable pendant une année, probablement selon l'accessibilité de la nourriture et la température. En règle générale, *Calanus finmarchicus* se reproduit au moins deux fois par année dans toute son aire de distribution. Toutefois, il se reproduit trois fois dans la baie des Chaleurs, la seconde génération (produite en été) étant habituellement dominante (Filteau et Tremblay, 1953). Pour avoir un compte rendu complet de la biologie de cette importante espèce, il est indispensable de consulter l'ouvrage de Marshall et Orr (1972).

Pseudocalanus minutus produit des oeufs dans tout le golfe du Maine et dans la baie de Fundy, voire dans la baie Passamaquoddy. Apparemment, le principal centre d'activité reproductrice se trouve dans le secteur extérieur du golfe (Fish, 1936b). Selon ce dernier auteur, bien qu'il soit très répandu et qu'il se reproduise dans la baie de Fundy, *Pseudocalanus minutus* y doit son existence strictement à l'apport de stocks du golfe du Maine, comme c'est le cas pour *Calanus*. Il faut cependant considérer cette assertion avec une certaine réserve, car cette espèce a une distribution complexe et une mortalité naturelle élevée et la circulation océanique est incertaine dans cette région. La densité de *Pseudocalanus* diminue certainement en allant vers le secteur supérieur de la baie de Fundy (fig. 17), mais pas autant que celle de *Calanus*. Cela concorde avec l'hypothèse de Colebrook (1964), selon laquelle *Pseudocalanus* est une forme plus néritique que *Calanus*.

Fish (1936b) estimait que *Pseudocalanus* se reproduisait trois ou quatre fois par année dans le golfe du Maine. Selon Evans (1977), ce taux était de cinq fois par année dans la mer du Nord, et selon McLaren (1978), d'au moins six fois par année dans le loch Striven. *Pseudocalanus* est une espèce extrêmement « plastique » qui connaît

de grandes variations phénotypiques et une grande capacité d'adaptation au milieu. Corkett et McLaren (1978) ont produit récemment une étude exhaustive de la biologie de cette importante espèce.

Fish (1936c) a également étudié la biologie de la reproduction d'*Oithona similis* dans la baie de Fundy et le golfe du Maine. Cette espèce semble se reproduire respectivement quatre et trois fois dans les secteurs ouest et est de la région. Là encore, Fish (1936c) en a conclu que rien n'indique qu'*Oithona similis* se propage dans la baie de Fundy. De toute évidence, il convient de réétudier la situation trophique de la baie de Fundy, surtout en ce qui concerne la production secondaire de zooplancton.

Paracalanus parvus, Temora longicornis, Centropages typicus et *Metridia lucens*, qui appartiennent tous au principal groupe récurrent de la baie de Fundy (fig. 13 et 14), appartiennent également à celui du plateau continental Scotian (Tremblay et Roff, données inédites) et sont répandus dans les eaux de l'Atlantique Nord. Ils se reproduisent probablement plusieurs fois par année. Donc, la période de reproduction de *Temora longicornis* n'est que de 28 jours, même à 12,5°C (Harris et Paffenhöfer, 1976) et cette espèce se reproduit 4 à 6 fois par année dans la mer du Nord (Evans, 1977). Toutes ces espèces sont une proie importante pour les larves de poissons (Coates et Roff, données inédites).

Espèces septentrionales

La région de Quoddy est à la limite sud de l'aire de distribution de *Calanus hyperboreus* et de *C. glacialis* (tableau 1), d'après Grainger (1963). La présence de ces deux espèces dans la région indique clairement l'influence qu'y exercent les eaux arctiques; ces espèces semblent se reproduire une seule fois par année (Grainger, 1963; Conover, 1967).

Calanus hyperboreus était commun dans le secteur extérieur de la baie de Fundy en juillet et en août et y persistait jusqu'en novembre. *Microcalanus pusillus* et *Metridia longa* étaient également communs dans ce secteur pendant la même période, et *Scolecithricella minor* y a été capturé une fois en novembre (Roff, 1978, données inédites).

Des six espèces septentrionales, seul *C. glacialis* a été observé dans la région pour la première fois, à un seul poste d'échantillonnage, au sud de Grand Manan. Cette espèce, commune le long du plateau continental de la Nouvelle-Écosse (Tremblay et Roff, données inédites; Shih *et al.*, 1971), a déjà été vue dans le golfe du Maine par Matthews (1969). Les cinq autres espèces ont été observées dans la région de Quoddy par Fish et Johnson (1937) et par Legaré et MacLellan (1960). Apparemment, aucune espèce septentrionale ne pénètre en nombre appréciable dans la baie Passamaquoddy.

Espèces méridionales

Quantité d'espèces méridionales, dont les centres de reproduction se trouvent bien au sud de la baie de Fundy, ont été vues dans le secteur extérieur de cette baie et dans le golfe du Maine (tableau 1). Nombre d'entre elles ont déjà été observées, comme immigrantes du Sud, par Fish et Johnson (1937), Legaré et MacLellan (1960) et Shih *et al.* (1971). Toutefois, neuf autres espèces sont signalées dans la région pour la première fois (Roff, données inédites; voir tableau 1). Les espèces dont il est question ici étaient rares dans la région à l'étude, à l'exception de *Clausocalanus arcuicornis*, qui était commune en juillet, en août et en novembre 1979 à plusieurs postes d'échantillonnage et même jusqu'à la hauteur d'un axe reliant Saint-Jean (N.-B.) et Digby.

Haloptilus longicornis a été capturé à plusieurs postes d'échantillonnage de la baie de Fundy et au nord jusqu'à la hauteur de l'axe mentionné ci-dessus. *Acartia danae* a été observé à deux postes au sud de la baie St. Marys (N.-É.) et *Oncaea venusta* a été capturé à un poste situé au sud de Grand Manan. Ces trois espèces ont été vues au cours des campagnes de juillet–août et de novembre. Trois autres espèces n'ont été observées qu'en novembre : *Mecynocera clausii* et *Centropages bradyi* ont été capturés à plusieurs postes dans le secteur extérieur de la baie de Fundy, au sud-ouest de Grand Manan, et *Pleuromamma borealis*, à plusieurs postes de la baie de Fundy jusqu'à la hauteur de l'axe Saint-Jean–Digby. Trois autres espèces n'ont également été vues qu'en novembre, chacune à un poste seulement : *Eucalanus elongatus* (≡ *E. hyalinus*?, Fleminger, 1973) au large de la baie St. Marys ainsi que *Calocalanus pavonimus* et *Lucicutia flavicornis* respectivement à l'est et au sud de Grand Manan.

Les peuplements de zooplancton méridionaux semblent gagner le golfe du Maine et la baie de Fundy sporadiquement en été et en automne, les vagues successives étant composées d'espèces très différentes (Fish et Johnson, 1937). C'est ce qu'indique clairement l'analyse des groupes récurrents (fig. 13 et 14) selon laquelle *Candacia armata* et *Clausocalanus arcuicornis* forment un groupe récurrent lié au principal groupe récurrent de la baie de Fundy en juillet et en août et liées à *Pleuromamma borealis* en novembre. Toutefois, pendant ce dernier mois, la structure des peuplements est plus complexe, et deux autres groupes indépendants d'espèces méridionales ont été observés. On peut s'attendre à voir des spécimens d'espèces boréales à tous les stades de développement à une époque ou l'autre de l'année dans la région de Quoddy, alors que les allochtones du Nord et du Sud ne s'y manifestent généralement qu'au stade adulte ou à la fin du stade copépodite.

Conclusions

Nous venons de faire une description générale et plutôt qualitative du microzooplancton de la baie de Fundy, en particulier de la région de Quoddy. Ces peuplements, dominés par les Copépodes du genre *Calanus*, connaissent de très grandes variations saisonnières.

À certains points de vue, la baie de Fundy est le piège temporaire, et plutôt inefficace, de diverses masses d'eau. Elle subit les influences internes et externes des zones néritiques et des estuaires locaux, du courant du Labrador, des eaux recouvrant le talus continental dans le secteur de la Nouvelle-Écosse et, enfin, du Gulf Stream et des eaux de la grande région du golfe du Maine et du plateau continental de la Nouvelle-Écosse.

Le principal groupe récurrent de la baie comprend

des espèces du peuplement néritique et les principales espèces du groupe récurrent du plateau continental de la Nouvelle-Écosse (Tremblay et Roff, données inédites — espèces également communes dans le golfe du Maine). Le microzooplancton de la baie de Fundy peut donc être considéré comme un prolongement, d'influence côtière, de celui du plateau continental de la Nouvelle-Écosse ou du golfe du Maine.

À ces organismes du zooplancton indigènes s'ajoutent des allochtones d'origine méridionale. Toutefois, l'exécution d'un programme d'échantillonnage semi-synoptique permet d'observer non pas un seul, mais plusieurs groupes récurrents de Copépodes du Sud, indépendants ou non, formés d'une ou de plusieurs espèces. On observe le même phénomène chez les larves de Brachyoures de la région (Roff, données inédites), formées de plusieurs petits groupes récurrents indépendants d'allochtones du Sud plutôt que d'un seul groupe comprenant toutes les espèces.

L'indépendance des divers groupes récurrents trouve au moins deux explications. D'abord, différentes masses d'eau portant chacune un peuplement de zooplancton distinct influent à tour de rôle sur le secteur extérieur de la baie de Fundy. Ensuite, les groupes de zooplancton méridionaux indépendants n'envahissent pas tous au même degré la zone du plateau continental, peut-être parce qu'ils sont plus ou moins océaniques ou qu'ils évoluent à divers niveaux de la colonne d'eau. Quelle que soit la cause du phénomène, il s'agit probablement du résultat final d'injections d'eau surjacente au plateau continental influencées en dernier lieu par les tourbillons à noyau chaud du Gulf Stream décrits notamment par Cox et Wiebe (1979). En tout cas, la présence dans la baie de Fundy d'importantes quantités d'espèces de Copépodes caractéristiques du courant de la Floride (Owre et Foyo, 1967) témoigne certainement de l'influence du Gulf Stream. Actuellement, on émet certaines hypothèses (p. ex., Markle *et al.*, 1980) sur ce qu'il advient des espèces allochtones du Sud « injectées » dans la région, mais la plupart d'entre elles se perdent probablement dans ces migrations aléatoires.

Même si des espèces septentrionales, et surtout méridionales, ajoutent à la diversité globale du microzooplancton de la baie de Fundy, ce sont les espèces du principal groupe récurrent commun au golfe du Maine et au plateau continental de la Nouvelle-Écosse qui dominent la biomasse et la production. Pourtant, la production d'espèces néritiques et estuariennes doit être notable, au moins par endroits, mais elle n'a encore fait l'objet d'aucune étude. Il n'existe aucune donnée sur l'apport relatif de ces espèces à la production secondaire globale dans la baie.

Selon Fish et Johnson (1937) et Fish (1936a,b,c), la production secondaire dans la baie de Fundy est plutôt le fait d'une contribution extérieure (c.-à-d. de migrations principalement à partir du golfe du Maine) que d'une contribution interne. Cela laisse à penser que la faible production secondaire autochtone, du moins dans le secteur supérieur de la baie de Fundy, pourrait dépendre de l'extrême amplitude de la marée et de la grande turbidité qu'on y observe (Jermolajev, 1958). Mais ces hypothèses n'ont pas été suffisamment éprouvées.

À l'heure actuelle, nous avons peu d'informations sur le processus d'évolution des espèces de la région de Quoddy, même des espèces dominantes, et aucune donnée quantitative n'a été publiée sur la biomasse ou la production du microzooplancton. De plus, presque rien n'a été fait pour l'étude de l'écologie de l'alimentation (trophodynamique) du zooplancton dans cette région, ce qui est surprenant, étant donné l'importance de ces organismes dans l'alimentation des poissons. Il est grand temps de réexaminer la production de la baie de Fundy, en particulier la contribution du microzooplancton.

Remerciements

Je remercie J. Tremblay et G.F. Rogers, qui m'ont apporté aide technique et commentaires utiles, et E.P. Lowing-Roff, qui a réalisé les dessins et les figures.

Références

ANGEL, M.V. ET M.J.R. FASHAM. 1975. Analysis of the vertical and geographical distribution of the abundant species of planktonic ostracods in the north-east Atlantic. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 55 : 709–737.

ANTIA, N.J., B.R. BERLAND ET D.J. BONIN. 1980. Proposal for an abridged nitrogen turnover cycle in certain marine planktonic systems involving hypoxanthine-guanine excretion by ciliates and their reutilization by phytoplankton. Mar. Ecol. Prog. Ser. 2 : 97–103.

BARY, B.M. 1963. Distributions of Atlantic pelagic organisms in relation to surface water bodies, p. 51–67. *Dans* M.J. Dunbar [éd.]. Marine distributions. R. Soc. Can. Spec. Publ. 5 : 110 p.

BIGELOW, H.B. 1926. Plankton of the offshore waters of the Gulf of Maine. Bull. U.S. Bur. Fish. 40 : 1–509.

BOUGIS, P. 1976. Marine plankton ecology. American Elsevier Publ. Co. Inc., New York, 355 p.

BOUSFIELD, E.L. 1954. The distribution and spawning seasons of barnacles on the Atlantic coast of Canada. Bull. Nat. Mus. Can. 132 : 112–154.

BRADFORD, J.M. 1976. Partial revision of the *Acartia* subgenus *Acartiura* (Copepoda : Calanoida : Acartiidae). N. Z. J. Mar. Freshw. Res. 10 : 159–202.

BRODSKY, K.A. 1948. [Free-living copepods of the sea of Japan.] Izv. Tikhookean. Nauchno-issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr. 26. (Cité dans K.A. Brodsky, 1967.)

1959. [On the phylogenetic relationship of certain species of *Calanus* (Copepoda) from the northern and southern hemispheres.] Zool. Zh. 38 : 1537–1553.

1967. Calanoida of the far eastern seas and polar basin of the USSR. Traduit du russe par le Programme israélien de traductions scientifiques, Jérusalem, 1967. 440 p.

CHRISTIANSEN, M.E. 1973. The complete larval development of *Hyas araneus* (Linnaeus) and *Hyas coarctatus* Leach (Decapoda, Brachyura, Majidae) reared in the laboratory. Norw. J. Zool. 21 : 63–89.

COLEBROOK, J.M. 1964. Continuous plankton records : a principal component analysis of the geographical distribution of zooplankton. Bull. Mar. Ecol. 6 : 78–100.

CONOVER, R.J. 1967. Reproductive cycle, early development, and fecundity in laboratory populations of the copepod *Calanus hyperboreus*. Crustaceana 13 : 61–72.

1978. Transformation of organic matter, p. 221–499. *Dans* O. Kinne [éd.]. Marine ecology. IV. Dynamics. J. Wiley and Sons, New York, 746 p.

CORKETT, C.J. ET I.A. MCLAREN. 1978. The biology of *Pseudocalanus*. Adv. Mar. Biol. 15 : 1–231.

COX, J. ET P.H. WIEBE. 1979. Origins of oceanic plankton in the middle Atlantic Bight. Estuarine Coastal Mar. Sci. 9 : 509–527.

CRONIN, L.E., J.C. DAIBER ET E.M. HULBERT. 1962. Quantitative seasonal aspects of zooplankton in the Delaware River estuary. Chesapeake Sci. 3 : 63–93.

EDMONDSON, W.T. ET G.G. WINBERG [ÉD.] 19[illegible]. A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters. I.B.P. Handb. 17. Blackwell Scientific Publ. Édimbourg, Écosse. 358 p.

EVANS, F. 1977. Seasonal density and production estimates of the commoner planktonic copepods of Northumberland coastal waters. Estuarine Coastal Mar. Sci. 5 : 223–241.

FAGER, E.W. ET J.A. MCGOWAN. 1963. Zooplankton species groups in the North Pacific. Science 140 : 453–460.

FILTEAU, G. ET J.-L. TREMBLAY. 1953. Écologie de *Calanus finmarchicus* dans la Baie-des-Chaleurs. Nature Can. 80 : 5–80.

FISH, C.J. 1936a. The biology of *Calanus finmarchicus* in the Gulf of Maine and Bay of Fundy. Biol. Bull. 70 : 118–141.

1936b. The biology of *Pseudocalanus minutus* in the Gulf of Maine and Bay of Fundy. Biol. Bull. 70 : 193–216.

1936c. The biology of *Oithona similis* in the Gulf of Maine and Bay of Fundy. Biol. Bull. 70 : 168–187.

FISH, C.J. ET M.W. JOHNSON. 1937. The biology of the zooplankton population in the Bay of Fundy and Gulf of Maine with special reference to production and distribution. J. Biol. Board Can. 3 : 189–321.

FLEMINGER, A. 1973. Pattern, number, variability, and taxonomic significance of integumental organs (sensilla and glandular pores) in the genus *Eucalanus* (Copepoda, Calanoida). U.S. Dept. Commerce Fish. Bull. NOAA, NMFS. 71 : 965–1010.

GRAINGER, E.H. 1963. Copepods of the genus *Calanus* as indicators of eastern Canadian waters, p. 68–93. *Dans* M.J. Dunbar [éd.]. Marine distributions. R. Soc. Can. Spec. Publ. 5 : 110 p.

GRAN, H.H. ET T. BRAARUD. 1935. A quantitative study of the phytoplankton in the Bay of Fundy and the Gulf of Maine (including observations on hydrography, chemistry and turbidity). J. Biol. Board Can. 1 : 279–467.

GREZE, V.N. 1978. Production in animal populations, p. 89–114. *Dans* O. Kinne [éd.]. Marine ecology. IV. Dynamics. J. Wiley and Sons, New York, 746 p.

HARDY, A.C. 1956. The open sea. Its natural history; the world of plankton. New Naturalist Series. Collins, Londres. 336 p.

HARRIS, R.P. ET G.A. PAFFENHÖFER. 1976. Feeding, growth and reproduction of the marine planktonic copepod *Temora longicornis* Müller. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 56 : 675–690.

HEINLE, D.R. 1966. Production of a calanoid copepod, *Acartia tonsa*, in the Patuxent River estuary. Chesapeake Sci. 7 : 59–74.

JASCHONOV, V.A. 1955. [Morphology, distribution and systematics of *Calanus finmarchicus* S.l.] Zool. Zh. 34 : 1210–1223.

JERMOLAJEV, E.G. 1958. Zooplankton of the inner Bay of Fundy. J. Fish. Res. Board Can. 15 : 1219–1228.

JOHANSEN, P.L. 1976. A study of tintinnids and other Protozoa in eastern Canadian waters with special reference to intinnid feeding, nitrogen excretion and reproductive rates. Thèse doctorale, Univ. Dalhousie, Dalhousie (N.-É.). 156 p.

JOHNSON, M.W. 1934. The life history of the copepod *Tortanus discaudatus* (Thompson and Scott). Biol. Bull. 67 : 182–200.

KATONA, S.K. 1971. The development stages of *Eurytemora affinis* (Poppe 1880) (Copepoda, Calanoida) raised in laboratory cultures, including a comparison with the larvae of *Eurytemora americana* Williams 1906, and *Eurytemora herdmani* Thompson and Scott, 1897. Crustaceana 21 : 5–20.

LACALLI, T.C. 1980. A guide to the marine flora and fauna of the Bay of Fundy : Polychaete larvae from Passamaquoddy Bay. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 940 : 27 p.

LEGARÉ, J.E.H. ET D.C. MACLELLAN. 1960. A qualitative and quantitative study of the plankton of the Quoddy region in 1957 and 1958 with special reference to the food of the herring. J. Fish. Res. Board Can. 17 : 409–448.

LONGHURST, A.R., A.D. REITH, R.E. BOWER ET D.L.R. SEIBERT. 1966. A new system for the collection of multiple serial plankton samples. Deep-Sea Res. 13 : 213–222.

MARKLE, D.F., W.B. SCOTT ET A.C. KOHLER. 1980. New and rare records of Canadian fishes and the influence of hydrography on resident and nonresident Scotian Shelf ichthyofauna. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37 : 49–65.

MARSHALL, S.M. 1969. Protozoa. Order : Tintinnida — Fiches d'identification du zooplankton, feuilles 117–127. Cons. Inst. Explor. Mer.

MARSHALL, S.M. ET A.P. ORR. 1972. The biology of a marine copepod. Réimpression. Springer-Verlag New York Inc., New York, NY. 195 p.

MATTHEWS, J.B.L. 1969. Continuous plankton records : the geographical and seasonal distribution of *Calanus finmarchicus* s.l. in the North Atlantic. Bull. Mar. Ecol. 6 : 251–273.

MCLAREN, I.A. 1978. Generation lengths of some temperate marine copepods : estimation, prediction, and implications. J. Fish. Res. Board Can. 35 : 1330–1342.

NEWELL, G.E. ET R.C. NEWELL. 1963. Marine plankton a practical guide. Hutchinson and Co. Publishers, Londres. 244 p.

OWRE, H.B. ET M. FOYO. 1967. Copepods of the Florida current. Fauna Caribaea Number 1 Crustacea, Part 1 : Copepoda. Institute of Marine Science, Université de Miami, Miami, FL. 137 p.

PARK, T. 1975. Calanoid copepods of the genera *Gaetanus* and *Gaidius* from the Gulf of Mexico. Bull. Mar. Sci. 25 : 9–34.

PENNEL, W.M. 1976. Description of a new species of pontellid copepod *Anomalocera opalus*, from the Gulf of St. Lawrence and shelf waters of the Northwest Atlantic Ocean. Can. J. Zool. 54 : 1664–1668.

PERTSOVA, N.M. 1974. [Life cycle and ecology of a thermophilous copepod *Centropages hamatus* in the White Sea.] Zool. Zh. 53 : 1013–1022. (En russe).

PHILLIPS, D.G. 1976. The biology of the predatory calanoid copepod *Toratanus discaudatus* (Thompson and Scott, 1898) in a New Hampshire estuary. Thèse doctorale, Univ. du New Hampshire, Durham, NH. 152 p.

RAYMONT, J.E.G. 1963. Plankton and productivity in the oceans. Pergamon Press, New York, 660 p.

ROFF, J.C. 1978. A guide to the marine flora and fauna of the Bay of Fundy : Copepoda : Calanoida. Fish. Mar. Serv. Tech. Rep. 823. 29 p.

ROFF, J.C., K.E. DAVIDSON ET M.J. DADSWELL. 1983. A guide to the marine flora and fauna of the Bay of Fundy : larval Decapoda — Brachyura. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 000. En préparation.

RUSSELL-HUNTER, W.D. 1970. Aquatic productivity : an introduction to some basic aspects of biological oceanography and limnology. Collier-MacMillan Ltd., Londres. 306 p.

SAMEOTO, D.D., L.O. JAROSZYNSKI ET W.B. FRASER. 1977. A multiple opening and closing plankton sampler based on the MOCNESS and N.I.O. nets. J. Fish. Res. Board Can. 34 : 1230–1235.

SARS, G.O. 1903. An account of the Crustacea of Norway. Vol. IV. Copepoda Calanoida. Publ. Bergen Museum, Bergen, Norvège. 171 p.

1918. An account of the Crustacea of Norway. Vol. VI. Copepoda Cyclopoida. Publ. Bergen Museum, Bergen, Norvège. 225 p.

SASTRY, A.N. 1977a. The larval development of the rock crab *Cancer irroratus* Say, 1817, under laboratory conditions (Decapoda Brachyura). Crustaceana 32 : 155–168.

1977b. The larval development of the Johan crab, *Cancer borealis* Stimpson, 1859, under laboratory conditions (Decapoda Brachyura). Crustaceana 32 : 290–303.

SHIH, C.-T., A.J.G. FIGUEIRA ET E.H. GRAINGER. 1971. A synopsis of Canadian Marine Zooplankton. Bull. Fish. Res. Board Can. 176 : 264 p.

SMITH, D.L. 1977. A guide to marine coastal plankton and marine invertebrate larvae. Kendall/Hunt Publ. Co., Dubuque, Iowa. 158 p.

STEEDMAN, H.F. 1976. General and applied data on formaldehyde fixation and preservation of marine zooplankton. p. 103–154. *Dans* H.F. Steedman [éd.]. Zooplankton fixation and preservation. Presses de l'UNESCO, Paris. 350 p.

SULLIVAN, C.M. 1948. Bivalve larvae of Malpeque Bay, P.E.I. Fish. Res. Board Can. Bull. 77 : 36 p.

UNESCO. 1968. Zooplankton sampling. Monographs on oceanographic methodology. 2. UNESCO, Paris. 174 p.

1976. Zooplankton fixation and preservation. Monographs on oceanographic methodology 4. H.F. Steedman [éd.]. Presses de l'UNESCO, Paris. 350 p.

WILDER, D.G. 1960. Possible effects of Passamaquoddy tidal power structures on the Canadian lobster industry. J. Fish. Res. Board Can. 17 : 553–563.

WILEY, A. 1915. The plankton in St. Andrew's Bay. Contrib. Can. Biol. 1911–1914, 1 : 1–9.

WILSON, C.B. 1932. The copepods of the Woods Hole region Massachusetts. Smithson. Inst. US Natl Mus. Bull. 158 : 635 p.

CHAPITRE 14

Oiseaux

DAVID S. CHRISTIE
R.R. 2, Albert (N.-B.) E0A 1A0

Introduction

De par son emplacement côtier et ses habitats variés, la région de Quoddy attire une multitude d'oiseaux de toutes sortes. Les espèces des eaux littorales, le grand nombre de Phalaropes et de Larinés (Goélands et Mouettes) qui s'assemblent autour du passage Head Harbour et certaines espèces pélagiques du chenal Grand Manan sont particulièrement intéressants. Les oiseaux de rivage, dont le Bécasseau violet hivernant dans la région est le plus important, et quantité d'espèces des habitats côtiers offrent également de nombreuses possibilités d'étude.

Les oiseaux les plus mal représentés dans la région de Quoddy sont les Canards barboteurs, les Râles et d'autres espèces des marais d'eau douce, que l'on peut étudier juste à l'extérieur de la région, dans le refuge faunique national de Moosehorn (Maine).

Malgré ses nombreuses caractéristiques intéressantes, l'avifaune de cette région a fait l'objet de relativement peu d'études systématiques. La description qui suit, à quelques exceptions près, provient d'études préliminaires restreintes et d'observations fortuites d'ornithologues amateurs.

Oiseaux de la région de Quoddy

Les oiseaux sont des éléments visibles et très mobiles des écosystèmes qu'ils habitent. Ce sont des consommateurs de végétaux[1] ou d'animaux dans la chaîne alimentaire. Le niveau trophique particulier qu'ils occupent varie selon l'espèce et la saison. En raison de leur mobilité, les oiseaux jouent un rôle important dans le transport de l'énergie et des matières nutritives d'un écosystème à l'autre. Dans une faible mesure, les déjections des oiseaux de mer aident à réapprovisionner en matières nutritives phosphatées les eaux de surface épuisées pendant les poussées phytoplanctoniques.

Les dossiers du Musée du Nouveau-Brunswick (appelés ci-après dossiers MNB) font état de plus de 300 espèces[2] qui ont été signalées dans la partie canadienne de la région de Quoddy. Selon moi, 220 de ces espèces se retrouvent régulièrement ou en grand nombre dans la région, le reste étant formé d'espèces rares ou accidentelles. L'annexe A présente le statut approximatif, la saison de fréquentation et les principaux habitats de ces 220 espèces, dont 91 se retrouvent essentiellement en été, 33 surtout en hiver, 42 toute l'année et 54 principalement pendant les migrations.

La figure 1 du chapitre 2 montre la limite côté mer de la région de Quoddy. La limite côté terre, moins nette, se confond approximativement, pour des raisons pratiques, avec la route 2, qui apparaît également sur cette figure.

Migrations

Nombre d'oiseaux sont de grands migrateurs. Leurs déplacements les amènent de la région de Quoddy à d'autres contrées aussi éloignées que le Haut-Arctique et la zone subantarctique. Par conséquent, les événements se produisant dans les forêts ombrophiles tropicales et dans d'autres habitats reculés peuvent influer sur les écosystèmes de la région de Quoddy par l'intermédiaire des oiseaux qui y vont et en viennent. Ce sont presque toujours des reproducteurs de l'hémisphère Nord qui émigrent vers le Sud pour hiverner dans des régions au climat plus doux et à la nourriture plus abondante. Certaines espèces (p. ex., le Grèbe cornu et le Jaseur boréal) suivent nettement un itinéraire d'ouest en est. Trois espèces pélagiques — le Puffin majeur, le Puffin fuligineux et le Pétrel océanite (reproducteurs de l'Atlantique Sud qui hivernent dans l'Atlantique Nord) — font exception à ce comportement migratoire général.

La plupart des oiseaux observés dans la région de Quoddy émigrent pendant la nuit, en vastes fronts, mais nombre des gros oiseaux aquatiques (Rapaces diurnes, Hirondelles et certains autres oiseaux chanteurs) peuvent migrer pendant le jour, suivant des formes de relief comme la côte ou une série de collines. Des volées de Huarts, de Cormorans, de Bernaches du Canada, de Macreuses et d'autres espèces de Canards marins ainsi que de Larinés parcourent la baie de Fundy principalement le long de la côte extérieure, bien que des volées fassent halte dans la baie Passamaquoddy ou la baie Maces avant de gagner certaines régions nordiques en passant au-dessus des terres. Les déplacements des Buses, des Hirondelles, des Merles d'Amérique et des Carouges sont également très faciles à voir le long de la côte.

La migration du printemps se déroule surtout entre le début de mars et la mi-juin, et celle d'automne, entre la mi-juillet et le début de décembre. On peut observer des déplacements pendant presque toute l'année, même au milieu de l'hiver, époque où affluent des troupes de Roselins, d'oiseaux de proie et d'oiseaux aquatiques en quête

[1] Principalement dans les habitats terrestres et dans les marais d'eau douce et d'eau salée. Dans les habitats marins de la région de Quoddy, seule la Bernache cravant et probablement le Canard noir sont des consommateurs primaires importants.

[2] La nomenclature avienne utilisée par le traducteur dans le présent chapitre est celle du Syllogeus n° 43 (1983) des Musées nationaux du Canada intitulé *Les noms français des oiseaux d'Amérique du Nord*. Elle est fondée sur la *Check-list of North American Birds* publiée par l'*American Ornithologists' Union*.

de nourriture ou de meilleures conditions climatiques, mais ce ne sont pas là les déplacements prévisibles que l'on considère habituellement comme des migrations.

Chez la même espèce, les périodes et les trajets de migration peuvent varier selon le sexe et la classe d'âge. Ainsi, le Carouge à épaulettes mâle arrive avant la femelle au printemps et le Pluvier semipalmé adulte gagne le sud en automne près d'un mois plus tôt que les jeunes. Le Goéland argenté pousse sa migration jusqu'au golfe du Mexique pendant le premier hiver, mais se rend moins loin par la suite (Gross, 1940). L'Eider à duvet mâle quitte son lieu de reproduction en juin et se dirige vers l'est pour muer dans la partie supérieure de la baie de Fundy et le sud du golfe du Saint-Laurent, tandis que les femelles et les jeunes restent près des îles de nidification pendant l'été (Palmer, 1976).

Erskine (1970) et Finch (1977) présentent des descriptions plus détaillées de la migration des oiseaux dans les Maritimes.

Saison de reproduction

La saison de reproduction dure la moitié de l'année, de la mi-mars, période où le Grand-duc d'Amérique commence à pondre, au début de septembre, époque où les jeunes de certains oiseaux chanteurs s'envolent des derniers nids. Toutefois, chez la majorité des espèces, la ponte, l'incubation et l'élevage des jeunes se font surtout en mai, juin et juillet. Certains petits Passereaux élèvent deux couvées pendant la saison, mais, même chez ces espèces, de nombreux couples n'ont probablement qu'une seule couvée, et, pendant une bonne partie de la fin de l'été, les sujets qui n'ont pas réussi à se reproduire au début de la saison se réaccouplent.

Colonies d'oiseaux de mer

Des relevés récents permettent de supposer qu'environ 10 000 couples appartenant à six espèces aquatiques se reproduisent en colonies ou en semi-colonies dans 23 îles de la région de Quoddy, soit environ 4 600 couples dans les îles aux Loups, 2 500 dans les passages Head Harbour et Letite, 2 000 dans la baie Maces et 900 dans la baie Passamaquoddy. Le tableau 1 présente la composition spécifique des principales colonies. L'effectif des Guillemots à miroir est le plus mal connu, car ceux-ci ont l'habitude de nicher dans les creux des falaises. Le nombre d'Eiders à duvet dans la zone du passage Head Harbour, où ils se reproduisent couramment, n'a pas été déterminé (Service canadien de la faune, 1979).

À Grand Manan et dans le Maine, des études de la biologie de la reproduction des oiseaux de mer dans la région de Quoddy ont été effectuées sur le Cormoran à aigrettes (Mendall, 1936), l'Eider à duvet (Gross, 1938; Paynter, 1951; Choate, 1964; Clark, 1968; Mirot, 1980), le Goéland argenté (Paynter, 1949) et le Guillemot à miroir (Winn, 1950; Preston, 1968). Les Goélands argentés et les Goélands à manteau noir, dont les populations ont énormément augmenté depuis quelques décennies (Kadlec et Drury, 1968), sont la principale cause de la perte d'oeufs et de jeunes d'Eider à duvet (Bourget, 1973). Ils exercent également des pressions sur d'autres oiseaux de mer nidificateurs.

La présence d'un grand nombre d'oiseaux de mer modifie la structure de la végétation des îles fréquentées. Par leurs déjections riches en matières nutritives, les Hérons et les Cormorans brûlent la frondaison et finissent par tuer les arbres dans lesquels ils nichent. Lorsqu'il ne reste plus d'arbres, les Cormorans commencent à nicher sur le sol, mais les Hérons s'en vont ailleurs. La présence de colonies de Larinés empêche les régions dégagées d'être envahies par une végétation ligneuse en raison de la surfertilisation et du piétinement. Lorsque la population de Larinés augmente, une végétation luxuriante et résistante, notamment de Graminées, prolifère aux dépens d'autres plantes.

Haute mer

On trouve, à plus de 5 km de la côte, une communauté d'oiseaux de mer dont nombre d'espèces sont rarement vues près de terre, sauf dans leurs colonies nidificatrices. Les Puffins forment l'espèce la plus caractéristique à la fin de l'été et en automne, et certains Alcidés, en automne et en hiver. Les Pétrels, qui font souvent partie de la communauté vivant au sud de l'île de Grand Manan, semblent moins bien tolérer les conditions régnant près du continent et sont habituellement rares dans la région de Quoddy.

Christie (1971), Baird *et al.* (1973) et Brown *et al.* (1975) ont examiné ou cartographié la présence d'oiseaux de mer au large de nos côtes. D'après les observations que j'ai effectuées à bord du traversier de Grand Manan, on a plus de chance de voir un grand nombre d'oiseaux dans la partie sud du chenal Grand Manan pendant les dernières phases d'une marée montante, moments où le Long Eddy, fort courant de marée, vire au nord-est et pénètre dans le chenal à partir de l'extrémité de l'île de Grand Manan. Les oiseaux se déplacent rapidement d'un endroit à l'autre, selon les marées et la disponibilité de la nourriture, de sorte qu'au même endroit à un certain moment, des centaines d'entre eux peuvent s'alimenter, alors qu'ils auront disparu une heure ou deux plus tard.

Les petits poissons, les Crustacés et le Calmar sont probablement les principales sources de nourriture de la communauté d'oiseaux de haute mer et, le plus souvent, ils ne peuvent être attrapés que près de la surface de l'eau. Beaucoup d'invertébrés planctoniques remontent près de la surface la nuit venue, mais on ne sait pas dans quelle mesure les oiseaux de mer s'alimentent à ce moment-là. Les principaux facteurs assurant l'apport de nourriture dans la baie de Fundy sont probablement les remontées d'eau et les turbulences causées par de forts courants de marée, comme le Long Eddy (voir Brown *et al.*, 1979). L'alimentation des grands poissons et des mammifères marins sous l'eau force également les petits organismes à remonter en surface (p. ex., Bent, 1921, p. 245 et 1927, p. 22), et certains oiseaux suivent les Baleines pour glaner les restes de leurs repas (Palmer, 1962, p. 233). Le sillage turbulent laissé par les navires et les diverses activités de pêche commerciale leur fournissent également des opportunités alimentaires.

TABLEAU 1. Principales colonies d'oiseaux de mer de la région de Quoddy (données provenant de relevés récents, préliminaires et quelquefois superficiels). L'Eider à duvet et le Guillemot à miroir ont une aire de nidification probablement beaucoup plus grande que celle indiquée. Des colonies reproductrices de moins de 200 couples, en grande partie de Larinés, ont été observées sur huit autres îles.

Île	Nombre de couples par espèce et sources	Île	Nombre de couples par espèce et sources
Île Hog (45°08′N, 66°58′W)	Goéland à manteau noir (125[a]) Goéland argenté (100[a])	Île Flat Wolf (44°58′N, 66°44′W)	Cormoran à aigrettes (186[a]) Grand Héron (3[a]) Eider à duvet (95[a]) Goéland à manteau noir (70[a]) Goéland argenté (860[a]) Guillemot à miroir (plusieurs[d])
Île Dick (45°08′N, 67°00′W)	Cormoran à aigrettes (présents[a]) Goéland argenté (130[a])		
Île Hardwood (45°07′N, 67°00′W)	Eider à duvet (quelques-uns[b]) Grand Héron (75–80[a]) Goéland argenté (60[a])	Île Green Rock (44°58′N, 66°44′W)	Goéland à manteau noir (40[a]) Goéland argenté (400[a]) Guillemot à miroir (quelques-uns[d])
Île Hospital (45°07′N, 67°01′W)	Goéland à manteau noir (10[a]) Goéland argenté (230[c])	Île Fatpot (44°57′N, 66°44′W)	Eider à duvet (200[a]) Goéland à manteau noir (50[a]) Goéland argenté (1270[a]) Guillemot à miroir (plusieurs[d])
Île Mohawk (45°02′N, 66°54′W)	Grand Héron (21[a])		
Île Hospital (44°59′N, 66°55′W)	Goéland à manteau noir (10[a]) Goéland argenté (271[a]; 400[c]) Eider à duvet (8[a])	Île sud de The Wolves (44°57′N, 66°44′W)	Eider à duvet (250[a]) Goéland à manteau noir (60[a]) Goéland argenté (800[a]) Guillemot à miroir (plusieurs[a])
Île South Spectacle (44°59′N, 66°55′W)	Goéland argenté (250[c])	Île West Salkeld (45°07′N, 66°31′W)	Eider à duvet (90[a]; 28[e]) Goéland à manteau noir (50[a]; 108[e]) Goéland argenté (570[e]; 718[e]) Guillemot noir (9 adultes[e])
Île Sandy (44°58′N, 66°54′W)	Goéland à manteau noir (3[a]) Goéland argenté (38[a]; 250[c])		
Île White Horse (44°59′N, 66°52′W)	Fou de Bassan (1; aucune preuve qu'il réussissait à s'y reproduire[c]) Cormoran à aigrettes (112[a]; 400[c]) Eider à duvet (22[a]) Goéland à manteau noir (10[a]) Goéland argenté (390[a]; 500[c]) Guillemot à miroir (35 individus[a])	Île East Salkeld (45°07′N, 66°31′W)	Cormoran à aigrettes (238[a]; 197[e]) Eider à duvet (28[a]; 44[e]) Goéland à manteau noir (80[a]; 115[e]) Goéland argenté (330[a]; 596[e]) Guillemot à miroir (10 adultes[e])

[a]A.R. Locke et B. Dodge, relevés aériens et/ou au sol, 29 mai–juin 1979 (Locke 1981; certains relevés ont été cités dans Service canadien de la faune, 1979).

[b]E.M. Majka et C.G. Majka, été 1968, correspondance personnelle.

[c]Observations effectuées par l'équipe de chercheurs de l'Université de Guelph, 1977–1979 (Gaskin et Smith, 1979)

[d]D.S. Christie, à partir d'une embarcation, 7 juin 1980.

[e]P. Barkhouse, W. Barrow et R. Milton, fiches du Maritimes Nest Records Scheme, 9 juin 1976.

L'écologie de l'alimentation des Puffins a été étudiée dans la baie de Fundy du côté de la Nouvelle-Écosse (Barker, 1976). Le Puffin majeur et le Puffin fuligineux sont les principales espèces, mais le Puffin des Anglais se répand et est observé régulièrement. Une quatrième espèce d'oiseau à grandes narines tubulaires, le Fulmar boréal, *Fulmarus glacialis*, bien que rarement vue jusqu'ici dans la région de Quoddy, augmente également dans les Maritimes et sera peut-être plus fréquente dans l'avenir.

La Mouette tridactyle, le plus océanique des Larinés de l'Est du Canada, est une espèce caractéristique et commune de la haute mer en automne et en hiver. Les Sternes sont souvent communes pendant un mois ou deux après leur saison de reproduction. Les Goélands à manteau noir et les Goélands argentés, surtout les adultes, se nourrissent dans une certaine mesure au large pendant toute l'année, un petit nombre de Goélands arctiques et de Goélands bourgmestres venant les rejoindre en hiver. Ces grands Larinés se nourrissent de charogne et de déchets des bateaux qu'ils suivent souvent et ils s'assemblent là où se concentrent en surface les invertébrés, pour s'en nourrir directement[3] ou pour voler la pitance à d'autres oiseaux. Les rapides Labbes sont d'autres voleurs de

[3]J'ai découvert que les Euphausiacés, probablement *Meganyctiphanes*, constituent la principale nourriture que les Goélands argentés donnent à leurs poussins dans la colonie de l'île Manawagonish près de Saint-Jean (N.-B.), 11 juillet 1974.

nourriture qui poursuivent les Sternes et les petits Larinés et les forcent à laisser tomber ou à rejeter leur butin. Le Labbe parasite harcèle surtout les Sternes, tandis que le puissant Labbe pomarin poursuit souvent des oiseaux de la taille des Mouettes tridactyles. Ces deux espèces de Labbes sont également des prédateurs de petits oiseaux comme les Phalaropes et les oiseaux chanteurs migrateurs.

Les Pétrels et les Phalaropes choisissent des proies plus petites que les espèces susmentionnées. Ils se nourrissent des organismes qu'ils peuvent saisir avec leur bec sous la surface de l'eau. On observe habituellement très peu de Pétrels océanites ou de Pétrels cul-blanc dans la région de Quoddy, mais de petites volées de Phalaropes hyperboréens et de Phalaropes roux sont signalées régulièrement au large pendant les migrations. On voit souvent les Phalaropes s'alimenter dans des nappes flottantes d'Algues où se cachent probablement de nombreux petits animaux.

Les autres espèces pélagiques principales sont des oiseaux plongeurs capables d'aller chercher leur nourriture à des profondeurs un peu plus grandes que les Puffins, les Larinés et les Sternes, espèces plongeant à faible profondeur. Les Alcidés (Petit Pingouin, Marmettes, Mergule nain et Macareux moine) se nourrissent de petits poissons et de Crustacés, tandis que le Fou de Bassan, aux plongeons spectaculaires, s'alimente principalement de poissons dont certains ont souvent jusqu'à 30 cm de longueur (Cramp, 1977).

Passages

Les passages entre les îles à l'entrée de la baie Passamaquoddy reçoivent une avifaune exceptionnelle. Les effectifs de Phalaropes, de Larinés et de Sternes qui s'y trouvent du milieu de l'été au début de l'hiver sont fort différents de ceux des oiseaux des autres eaux littorales de la région de Quoddy. En fait, certains aspects de la chaîne alimentaire et des populations d'oiseaux ressemblent à ceux de la haute mer. Les oiseaux sont attirés par les essaims de Crustacés planctoniques et les bancs de Harengs (question examinée dans d'autres chapitres) engendrés par les turbulences et les remontées d'eau liées aux forts courants de marée circulant dans les passages Western, Letite et Head Harbour. La répartition des troupes change de façon marquée au cours du cycle de la marée, tout comme en haute mer. Les populations des passages n'ont rien de remarquable du début ou du milieu de l'hiver au début de l'été.

Le tableau 2 révèle l'importance des passages comme région d'alimentation des oiseaux. Les effectifs varient d'une année à l'autre en partie à cause des variations des populations d'Euphausiacés (Gaskin et Smith, 1979). On retrouve des rassemblements de la plupart de ces espèces principalement dans le passage Head Harbour, au mouillage Friar, dans la partie sud du passage Western et, moins souvent, dans le passage Letite. Gaskin et Smith (1979) n'ont vu aucun Phalarope hyperboréen s'alimenter dans le passage Letite, et je ne l'ai observé qu'une seule fois.

Gaskin et Smith (1979) notent que la région à l'ouest de l'île White n'est une importante zone d'alimentation des Phalaropes qu'à marée montante et que le sud du passage Head Harbour jusqu'à la pointe Deer Island et à Eastport n'est important qu'à marée descendante, tandis que certaines parties du passage Head Harbour, au nord et à l'ouest de l'entrée est de Quoddy, sont importantes à toutes les phases actives de la marée. Leur carte montre que les Goélands argentés se trouvant entre les îles Dee et Campobello s'alimentent plutôt au nord-ouest pendant le flux et au sud-est pendant le reflux, bien que de petites régions entre la pointe Deer Island et Eastport au nord-est de l'île Indian et au nord de l'est de l'entrée de la baie de Quoddy soient importantes pendant les deux phases.

Les Mouettes tridactyles, souvent communes au large des côtes au début de septembre, ne sont habituellement pas nombreuses dans le passage Head Harbour avant le milieu ou la fin d'octobre. Pendant les automnes où les Euphausiacés sont en faible nombre en surface, beaucoup d'entre eux ne s'engagent pas dans les passages. Ces facteurs peuvent expliquer en partie pourquoi l'équipe de l'Université de Guelph n'a pu observer de grandes populations de Mouettes tridactyles en 1977–1979. Leur campagne de 1977 s'est terminée le 10 octobre, et l'année 1979 n'a pas été bonne pour les Euphausiacés (Gaskin et Smith, 1979).

Il n'est souvent pas possible d'observer les Sternes d'assez près pour les identifier par espèce. Selon Gaskin et Smith (1979), la Sterne pierregarin était la première à arriver, mais la Sterne arctique prédominait en août. Les Sternes arctiques étaient plus communes dans les régions riches en Euphausiacés, et les Sternes pierregarin ailleurs.

Outre les espèces énumérées au tableau 3, quelques autresLarinés sont observés régulièrement dans les passages, dont la Mouette rieuse et la Mouette pigmée, espèces rares. Le Petit Pingouin et le Mergule nain sont quelquefois nombreux en hiver, et d'autres espèces pélagiques gagnent occasionnellement la région. Le Labbe parasite est observé assez souvent. De nombreux autres oiseaux fréquentent les passages, notamment près de la côte et dans les eaux peu profondes (voir l'étude des espèces littorales ci-dessous).

Les passages constituent une « région d'une importance exceptionnelle » située sur la route migratoire du Phalarope hyperboréen (Morrison, 1976). Les rassemblements de cette espèce sont les plus importants que l'on connaisse dans l'est de l'Amérique du Nord, et ceux des Mouettes de Bonaparte les plus imposants dans l'est du Canada (Service canadien de la faune, 1979).

Le personnel de l'Université de Guelph a étudié les habitudes alimentaires de certaines espèces de la région (Gaskin et Smith, 1979; Braune, 1979). Il a découvert que les Goélands argentés attrapaient des Harengs ayant jusqu'à 25 cm de longueur, suivaient les bateaux de pêche, se joignaient à la Mouette de Bonaparte pour s'alimenter fébrilement des essaims d'Euphausiacés et fouillaient dans les dépotoirs avoisinants de l'intérieur des terres. La Mouette de Bonaparte changeait sa tactique à mesure de l'augmentation du nombre des Euphausiacés, les saisissant en surface au lieu de plonger. La Sterne pierregarin s'alimentait presque uniquement de petits poissons, notamment de Harengs de 8 à 12 cm de long, tandis que la Sterne arctique se nourrissait d'un mélange

TABLEAU 2. Rapports choisis sur des troupes importantes de Phalaropes, de Larinés et de Sternes observées dans le passage Head Harbour pendant l'été et l'automne.

Espèces	Date	Nombre, région et source
Phalarope hyperboréen	21 août 1971	100 000, du traversier de l'île Campobello à l'Île Deer[a]
	28 août 1973	0,5–1,0 million d'oiseaux au large d'Eastport[b] (mention du 28 sept. 1973 dans Am. Birds 28 : 115 erronée)
	21–22 août 1974	500 000 au large de la pointe Deer Island[c]
	26–29 août 1976	2 millions au large de la pointe Deer Island[d]
Goéland à manteau noir	7 oct. 1972	7 700 entre Eastport et Campobello[b]
	Août 1977	3 175, dénombrements des oiseaux perchés, région du passage Head Harbour[e]
Goéland argenté	28 juillet 1968	5 000+ au large de Wilsons Beach[a]
	7 oct. 1972	44 000 entre Eastport et Campobello[b]
	Août 1977	9 185, oiseaux perchés dénombrés, région du passage Head Harbour[e]
Mouette de Bonaparte	13 oct. 1972	12 000 au large de la pointe Deer Island[a]
	9 août 1973	12 000 au large de la pointe Deer Island[c]
	26, 29 août 1976	25 000 à 30 000 au large de la pointe Deer Island[d]
	Août 1977–1978	Maximum de 5 000 à 10 000 dans la région du passage Head Harbour[e]
Mouette tridactyle	11 nov. 1970	2 000+ au large de la pointe Deer Island[a]
	30 oct. 1971	3 200 au large de la pointe Deer Island[f]
	7 oct. 1972	2 000 entre Eastport et Campobello[b]
Sterne pierregarin ou Sterne arctique	9 sept. 1973	1 000 au large de la pointe Deer Island; tous les oiseaux identifiés étaient des Sternes pierregarin[a]
	Août 1977	1 260, maximum dans la région du passage Head Harbour[e]
	Août 1978	750, maximum dans la région du passage Head Harbour[e]

[a]D.S. Christie *et al.* (dossiers MBN)
[b]W. Townsend (dossiers MBN)
[c]D.W. Finch (dossiers MBN)
[d]Finch 1977
[e]Gaskin et Smith 1979
[f]J.G. Wilson (dossiers MBN)

de petits poissons et d'Euphausiacés. Les activités frénétiques de ravitaillement des Larinés repoussaient les Sternes plongeuses à l'extrémité du rassemblement des proies. Les Phalaropes hyperboréens semblaient se repaître de Copépodes et d'Euphausiacés de petite taille.

D'autres sources de nourriture peuvent également être importantes. William Townsend a observé, en train de se nourrir, un rassemblement de 1 000 Goélands argentés, 500 Goélands à manteau noir, 130 Becs-scies à poitrine rousse, 50 Grands Cormorans, 10 Pygargues à tête blanche et quelques oiseaux de trois autres espèces d'Alcidés; tous ces oiseaux avaient été attirés par un banc de Calmars qui s'était formé au début de l'hiver dans une petite région du passage Head Harbour (dossiers MNB).

EAUX LITTORALES

Les eaux littorales de la région de Quoddy nourrissent des quantités d'oiseaux importantes, mais non pas exceptionnelles. Leur diversité est beaucoup plus grande en hiver qu'en été, car la plupart des quelques espèces reproductrices y résident à longueur d'année, et plusieurs espèces qui nichent dans le nord du Canada hivernent dans cette région.

Les résultats des dénombrements de Noël dans trois secteurs (tableau 3) révèlent que les oiseaux aquatiques hivernant dans la région varient d'un secteur à l'autre. Il faut établir des comparaisons avec prudence, mais, en général, la supériorité numérique et la plus grande diver-

TABLEAU 3. Principales espèces d'oiseaux aquatiques relevées lors des dénombrements de Noël à Eastport-Campobello (N14), St. Andrews (N20) et Lepreau (N18), donnant les nombres maximaux d'oiseaux observés, le nombre moyen et la présence en pourcentage.[a] Les activités d'observation lors des dénombrements d'un jour varient quelque peu d'une année à l'autre; la partie de l'île Deer du cercle Eastport-Campobello n'est pas couverte.

Espèces	Eastport-Campobello			St. Andrews			Lepreau		
	Max.	Moyenne	P%	Max.	Moyenne	P%	Max.	Moyenne	P%
Huart à collier	42	11	79	7	2,4	70	13	5,3	100
Huart à gorge rousse	4	0,5	21	1	0,1	10	5	1,2	56
Grèbe jougris	45	8,9	79	8	1,1	45	39	15	78
Grèbe cornu	58	22	93	17	4,4	80	87	23	100
Grand Cormoran	296	61	100	11	2,2	80	17	5,9	94
Canard noir	835	264	100	327	144	100	131	41	100
Grand Morillon	8	3,1	64	177	57	100	5	0,7	33
Garrot à oeil d'or	235	119	100	38	20	100	109	73	100
Petit garrot	490	214	100	133	66	100	169	51	100
Canard kakawi	1077	309	93	33	5,7	60	117	20	94
Eider à duvet	263	39	93	1851	295	70	360	115	100
Macreuse à ailes blanches	183	44	93	343	49	100	12	2,5	67
Macreuse à front blanc	37	11	57	376	132	100	8	1,6	44
Macreuse à bec jaune	20	4,7	50	150	20	65	64	10	61
Grand Bec-scie	13	3,6	57	12	2,4	40	59	11	56
Bec-scie à poitrine rousse	178	44	100	36	1,7	65	33	13	94
Bécasseau violet	82	15	50	84	29	50	947	175	89
Goéland arctique	30	7,9	86	0	0	0	3	1,2	61
Goéland à manteau noir	1057	414	100	293	104	100	473	97	100
Goéland argenté	5756	3190	100	1064	466	100	1236	622	100
Goéland à bec cerclé	52	13	71	2	0,1	5	3	0,3	17
Mouette de Bonaparte	197	50	86	0	0	0	0	0	0
Mouette tridactyle	10 052	2187	100	0	0	0	400	48	89
Petit Pigouin	83	15	36	0	0	0	150	41	78
Marmette de Brünnich	64	7,8	71	1	0,1	5	10	0,9	33
Mergule nain	2725	201	57	0	0	0	2	0,4	28
Guillemot à miroir	28	9,6	86	0	0	0	3	0,8	50

[a]D'après les dénombrements de Noël de 1960–1980 mentionnés dans *Audubon Field Notes, Am. Birds, Nature News* et *N.B. Nat.* par les compilateurs d'Eastport-Campobello (Wm. Townsend 1967–1980), de St. Andrews (N. Bourne 1960–1961, 1963–1964; H.W. MacCoubrey 1965–1967, 1975–1977; H.V. MacCoubrey et J.E. Rigby 1969; J.E. Rigby 1970; H.W. MacCoubrey et W. Stobo 1972–1974; D. Linton 1978–1980) et de Lepreau (D.S. Christie 1960–1975; 1977; K.H. Deichmann 1980).

sité d'oiseaux, notamment la prédominance des Larinés et des Canards kakawi à l'entrée de la baie Passamaquoddy (Eastport, Campobello), sont évidentes, tout comme le grand nombre d'Eiders et de Macreuses et l'absence d'Alcidés et de certains Larinés dans la région de St. Andrews.

Les relevés aériens du Service canadien de la faune effectués le long de la côte aident également à interpréter la répartition des oiseaux aquatiques dans la région de Quoddy pendant la migration de même qu'en hiver (Service canadien de la faune, 1979; dossiers SCF).

Certaines espèces sont plus communes par endroits que ne l'indiquent les dénombrements de Noël. Les Guillemots à miroir, par exemple, sont plus nombreux près de The Wolves et des îles du passage Letite que ne l'indiquent les trois dénombrements ci-dessus. Le Canard arlequin établit aussi régulièrement ses quartiers d'hiver dans la région, principalement à The Wolves (Squires, 1976). Le Canard arlequin a été observé un certain nombre de fois à la pointe Lepreau et au cap East Quoddy, et il peut fréquenter d'autres emplacements exposés de la côte extérieure, dont la plupart sont rarement visités par les étudiants en ornithologie pendant l'hiver.

Le Garrot de Barrow n'a jamais été observé pendant les dénombrements d'oiseaux faits à Noël à St. Andrews, mais les observations, par R. Mazzeo, H.W. MacCoubrey et A.J. Erskine, de 46 individus à St. Andrews et à Chamcook pendant diverses années (dossiers MNB) de même que les totaux de 4 à 30 individus lors de cinq dénombrements de Noël à Eastport–Campobello permettent de supposer que le nord et l'ouest de la baie Passamaquoddy, en raison de leur situation estuarienne, pourraient être les quartiers d'hiver habituels (peut-être les seuls dans la baie de Fundy) d'un petit nombre de sujets de cette espèce.

Les populations d'estivants de la région de Quoddy comprennent notamment des Goélands argentés et des Goélands à manteau noir, des Eiders à duvet, des Cormorans à aigrettes, des Guillemots à miroir et des Balbuzards de même qu'un petit nombre de Huarts à collier (voir l'étude des colonies reproductrices).

On peut répartir les oiseaux des eaux littorales en quatre groupes principaux selon leurs habitudes alimentaires et leurs proies préférées. Le Balbuzard, le Pygargue à tête blanche et les grands Larinés, qui se ravitaillent tous près des eaux intérieures et des eaux côtières, cherchent leurs proies en vol. Le Balbuzard se distingue, car son

régime se compose exclusivement de poissons capturés en plongée dans des eaux peu profondes et protégées, les autres oiseaux ayant un grand rayon d'action et se nourrissant de tout ce qu'ils trouvent. La population nidificatrice de Balbuzards dans la région de Quoddy se composait d'environ 30 couples en 1974 (Stocek, 1974) et au moins quatre nids de Pygargue à tête blanche ont été occupés dans la région en 1978 (Gaskin et Smith, 1979). En hiver, la petite population reproductrice de Pygargues peut être grossie par les migrations, vers la côte, d'oiseaux qui nichent à l'intérieur des terres. La population de Pygargue à tête blanche est importante au Nouveau-Brunswick, mais négligeable en comparaison de celle de la Nouvelle-Écosse (Service canadien de la faune, 1979).

Il existe deux groupes d'oiseaux qui plongent à partir de la surface, le premier s'alimentant surtout de poissons (espèces nombreuses, d'une taille de petite à moyenne) et le deuxième de Mollusques (notamment de Moules communes, *Mytilus edulis*). Divers Crustacés (Amphipodes, petits Crabes, etc.) sont souvent des éléments importants du régime des deux groupes. Les espèces piscivores sont les suivantes : les Huarts, les Grèbes, les Cormorans, les Becs-scies et les Guillemots à miroir; les espèces se nourrissant de Mollusques sont le Grand Morillon, le Garrot de Barrow, le Petit Garrot, le Canard kakawi, le Canard arlequin, les Eiders et les Macreuses.

Palmer (1962, 1976) et Bent (1919, 1937) présentent plus de détails sur le régime alimentaire de ces espèces des eaux littorales. MacKay et Bosien (1979) ont étudié les sources de nourriture des Cormorans, des Eiders, des Larinés et du Bécasseau violet (espèce côtière) dans la région.

Les régimes varient pendant la saison, comme le montrent les travaux effectués dans le golfe du Saint-Laurent (Québec), où les oeufs de Harengs étaient l'aliment le plus important de l'Eider à duvet en mai, les oeufs de Harengs et les vers *Nereis* en juin et les Bigorneaux (*Littorina*) en juillet et août, l'importance des Amphipodes *Gammarus* augmentant pendant août et septembre (Cantin *et al.*, 1974). Cette étude examinait également les effets de la prédation des Eiders sur les proies, établissant que les femelles et les jeunes récoltaient de 10 à 30 % du stock existant de Bigorneaux en juillet.

Même si les régimes de nombreux oiseaux plongeurs se ressemblent, les espèces ont tendance à se regrouper selon leurs préférences ou leur tolérance à l'égard de la profondeur de l'eau, de sa clarté, de sa salinité, des courants, de l'action des vagues et du genre de fond. Ainsi, le Canard kakawi s'alimente en eaux plus profondes que les autres Canards marins, et le Petit Garrot préfère les anses et les havres plus abrités. La plupart de ces espèces fréquentent des habitats marins et estuariens, mais le Grand Bec-scie se retrouve rarement dans les habitats marins, et le Canard kakawi, le Canard arlequin, les Eiders et le Guillemot à miroir évitent les estuaires.

Habitats côtiers

Les habitats côtiers comportent la zone intertidale de roches, de sable, de vase et de marais salés de même que les falaises soumises à l'action des embruns et les dunes des plages. Le flux et le reflux des marées amènent des modifications des populations d'oiseaux dans la zone intertidale. Lorsque le rivage est recouvert par la mer, les espèces des eaux littorales comme les Eiders et les Huarts plongent pour s'alimenter d'invertébrés intertidaux ou de poissons qui se sont également avancés avec la marée pour se nourrir. Certains de ces oiseaux jouent un rôle important dans l'écosystème intertidal, mais le présent chapitre ne traite que des oiseaux qui visitent les rivages exposés ou se nourrissent en bordure de la mer. Ce sont notamment les Larinés, les Bécasseaux, les Pluviers et un certain nombre d'espèces aquatiques, de Passereaux et d'autres oiseaux.

Les omniprésents Goélands argentés et Goélands à manteau noir, auxquels viennent se joindre à l'occasion d'autres Larinés, sont les plus remarquables à longueur d'année. Ces oiseaux se nourrissent de divers invertébrés intertidaux de même que de charogne. Ils peuvent se nourrir de Mollusques à coquille dure et quelquefois d'Oursins qu'ils laissent tomber sur des rochers pour en briser la coquille. La Corneille d'Amérique se nourrit elle aussi régulièrement d'invertébrés, notamment pendant l'hiver, époque où elle est beaucoup plus commune et où ses possibilités de ravitaillement sont très réduites dans les habitats terrestres. Le Grand Corbeau et le Pygargue à tête blanche sont principalement nécrophages, mais ils peuvent également se nourrir de divers animaux de rivage.

Le groupe le plus varié d'oiseaux côtiers se compose d'oiseaux de rivage, de Bécasseaux et de Pluviers, dont la plupart des espèces traversent la région pendant leur migration. Seul le Chevalier branlequeue est largement réparti sur les côtes pendant la saison de nidification. En période de reproduction, les Pluviers kildir et les Bécassines des marais peuvent s'alimenter dans les marais salés ou sur les côtes de l'estuaire, mais ils se retrouvent plus souvent dans les habitats terrestres ou d'eau douce. Les rivages vaseux et les marais salés accueillent les plus grands effectifs de la plupart des espèces de rivage migratrices, mais le Bécasseau sanderling préfère les plages sableuses et le Bécasseau violet s'alimente surtout dans les régions rocheuses recouvertes d'Algues.

Le Bécasseau semipalmé, le plus commun des oiseaux de rivage migrateurs dans la majeure partie de la région de Quoddy, fréquente en grand nombre les vastes vasières à l'entrée de la baie de Fundy. Toutefois, des relevés faits par Evan Smith le long du rivage de la baie Maces montrent que ce sont parmi les emplacements les plus importants fréquentés par le Pluvier semipalmé, le Bécasseau minuscule et le Tournepierre à collier dans les Maritimes (Morrison, 1978). Ce sont également d'importants quartiers d'hiver pour le Bécasseau violet (Morrison, 1976). En outre, le rivage de la pointe Indian à St. Andrews est sans doute important pour ces espèces.

La plupart des oiseaux de rivage ramassent de petits invertébrés en surface ou fouillent les sédiments pour trouver des animaux enfouis (Palmer 1967). Les Tournepierres retournent de petits cailloux, des Algues et des débris pour capturer les organismes qui s'y cachent. Les Chevaliers capturent souvent de petits poissons, dont des Fondules et des Épinoches qui se trouvent souvent dans les flaques des marais. Hicklin et Smith (1979) ont découvert que l'Amphipode *Corophium volutator* habitant les

sols vaseux et divers Polychètes et Némertiens étaient d'importants aliments des cinq espèces d'oiseaux de rivage communs pendant la migration automnale dans la partie supérieure de la baie de Fundy.

Il faut aux oiseaux de rivage migrateurs, outre un territoire de ravitaillement productif, un perchoir où ils peuvent se rassembler pour se reposer à marée haute. L'emplacement est habituellement une plage de sable ou de gravier. La baie de Fundy est une importante halte où certains oiseaux de rivage accumulent suffisamment de réserves de lipidespour pouvoir entreprendre leur vol de migration au-dessus de l'Atlantique vers le nord de l'Amérique du Sud (Morrison, 1977).

Outre les Eiders et autres Canards plongeurs, le Canard noir est la principale espèce aquatique de la zone intertidale; il se nourrit principalement de petits Crustacés, de Mollusques et de diverses petites plantes aquatiques comme les Ruppies, *Ruppia,* de l'automne au printemps. D'autres espèces de Canards barboteurs fréquentent également les régions côtières, notamment les marais salés. Les Bernaches sont des migrateurs printaniers, importantes dans certaines régions, notamment à la baie Maces où près de 2 000 d'entre elles ont été observées (dossiers MNB). Elles se nourrissent principalement de végétaux, notamment de Laitue de mer, *Ulva,* et probablement aussi de *Porphyra.* Le Zostère est également un élément important de l'alimentation de la Bernache ailleurs, mais il est rare et ne se trouve que par endroits dans la région de Quoddy.

Le Grand Héron et le Martin-pêcheur d'Amérique se nourrissent de petits poissons en bordure de la mer et dans les ruisseaux et les flaques des marais salés. Le Becscie à poitrine rousse visite également les eaux des marais salés pour pêcher, principalement au printemps.

Une grande diversité de Passereaux s'alimentent dans une certaine mesure le long du rivage, mais seules quelques espèces y sont étroitement liées. La plupart des marais salés de la région de Quoddy sont plutôt petits (chap. 7) et n'abritent habituellement pas les populations reproductrices de Bruants à queue aiguë propres aux grands marais du secteur amont de la baie de Fundy. Ils peuvent cependant abriter des Bruants des prés, qui sont également caractéristiques des herbages. Les Bruants chanteurs peuvent remplacer les Bruants des prés sur les petites plages. Pendant leurs migrations et en hiver, certaines de ces espèces des grands espaces, comme le Bruant des neiges et l'Alouette cornue, s'alimentent dans les herbages. Les insectes sont leur principale source de nourriture en été, et les graines pendant le reste de l'année.

L'une des caractéristiques intéressantes de la zone intertidale pendant l'hiver est l'habitude qu'a l'Étourneau de s'alimenter comme les oiseaux de rivage dans les rochers et les Algues. J'ai souvent vu de petites volées sur la côte, à la baie Maces, et je les ai également remarquées dans des zones intertidales à St. Andrews.

Les Carouges à épaulettes et les Quiscales bronzés qui nichent près de la côte s'alimentent souvent dans les marais salés ou sur la plage. Les Hirondelles recherchent des insectes volants au-dessus des zones intertidales et même au-dessus de la mer. De nombreux autres oiseaux chanteurs se nourrissent occasionnellement dans la zone intertidale, mais, pour la plupart d'entre eux, la côte n'est exploitée qu'en cas d'urgence, notamment au printemps, époque où les Mouches et les Amphipodes du rivage permettent à certains de ces insectivores des forêts de surmonter une disette causée par de froides températures.

Quelques Rapaces fréquentent les habitats côtiers. Le Busard Saint-Martin, la Buse battue et le Hibou des marais chassent surtout la souris dans les marais salés. Pendant leurs migrations, l'Épervier brun, le Faucon émerillon et le Faucon pèlerin capturent souvent des oiseaux, notamment des espèces de rivage, dans les zones intertidales.

Les falaises côtières sont peu fréquentées par les oiseaux, mais présentent des corniches ou des surplombs appropriés qui peuvent servir d'emplacements de nidification au Grand Corbeau, à l'Hirondelle des granges et à l'Hirondelle à front blanc; toutefois, toutes ces espèces nichent plus souvent en d'autres endroits. Les bancs côtiers de terre et de sable sont d'importants lieux de nidification pour l'Hirondelle de rivage.

Habitats terrestres

La forêt de conifères, ou conisilve, est le principal habitat terrestre le long de la côte. Les oiseaux les plus communs dans les forêts représentent plusieurs familles de Passereaux, dont des Parulines et des Fringillidés (Roselins et Bruants), et des Pics. Plusieurs espèces se retrouvent dans divers types forestiers, mais d'autres sont confinées à des conisilves ou à des estisilves (forêts caducifoliées). La Moucherolle à ventre jaune, la Mésange à tête brune, le Troglodyte des forêts, la Paruline à tête cendrée et la Paruline à poitrine baie sont caractéristiques des forêts d'Épinettes et de Sapins. La Moucherolle tchébec, le Viréo aux yeux rouges et la Paruline couronnée fréquentent les estisilves. L'influence des régions boréales se fait davantage sentir au sud et à l'est de la région, où les températures estivales plus fraîches et le brouillard plus fréquent favorisent la croissance de forêts dominées par l'Épinette et le Sapin ainsi que la présence des oiseaux qui y sont associés.

On retrouve, parmi les autres habitats terrestres de la région, les bosquets de jeunes arbres ou d'arbrisseaux, les tourbières, les herbages (cultivés périodiquement) ainsi que les villes et les villages. On trouve à ces endroits des Passereaux qui se sont adaptés aux grands espaces, à la végétation basse ou à la lisière forestière. Dans les forêts et les habitats plus dégagés, les insectes sont la principale source de nourriture des communautés d'oiseaux estivantes et sont une source importante pour presque toutes les espèces d'oiseaux chanteurs. Elles consomment d'autres invertébrés comme des Vers de terre. À mesure que la saison progresse, les fruits charnus, les graines et d'autres semences prennent de l'importance dans l'alimentation de certains groupes d'oiseaux. Certains Rapaces se nourrissent de petits vertébrés.

En hiver, les populations des habitats terrestres sont réduites et moins variées qu'en été. Dans la forêt, quelques Pics résidants et oiseaux chanteurs insectivores sont rejoints par diverses espèces de Roselins dont le nombre

fluctue irrégulièrement selon la quantité de graines disponibles à cet endroit et ailleurs. En réalité, les populations de presque toutes les espèces qui y passent l'hiver varient considérablement d'une année à l'autre, et la population de la plupart des espèces de Roselins est irrégulière toute l'année. De nombreuses espèces ont une grande aire de répartition en hiver et peuvent être communes partout où elles trouvent de la nourriture appropriée. Les graines sont un aliment important pour toutes les espèces, les insectes en hibernation et les oeufs d'insectes pour quelques-unes, et les bourgeons et le feuillage pour un très petit nombre. Les mangeoires et les fruits des arbres et arbrisseaux d'ornement sont une importante pâture en hiver dans les villes et les villages. Quelques Rapaces se nourrissent d'oiseaux et de petits mammifères.

Dans une région côtière comme celle de Quoddy, la relation existant entre les oiseaux terrestres et l'influence de la mer est intéressante. Il est probable que certaines espèces atteignent de plus fortes densités sur de petites îles que sur le continent ou les deux îles principales, tandis que d'autres sont plus rares ou absentes. Aucun travail sur le terrain n'y a été effectué, mais on a découvert que, dans la baie Muscongus (Maine), la Paruline à collier, la Paruline à croupion jaune et le Bruant chanteur occupaient des territoires plus restreints sur de petites îles (0,1–4 ha) que sur le continent avoisinant, apparemment en raison de l'absence de compétition. D'autres espèces d'oiseaux forestiers n'ont été découvertes que sur des îles qui étaient aussi grandes que la taille minimale de leur territoire sur le continent (Morse, 1977).

Dans le parc national de Fundy (Nouveau-Brunswick), au-dessus de falaises assez élevées, la Paruline du Canada, la Paruline flamboyante et le Junco ardoisé semblent plus nombreux à la lisière que dans la forêt elle-même (Christie, 1980). Ces espèces et d'autres comme le Merle d'Amérique, la Paruline masquée et le Bruant à gorge blanche peuvent foisonner, notamment le long de la lisière côtière de la forêt dans la région de Quoddy.

Méthodes d'étude et de collecte

Sources d'information

La région de Quoddy offre de vastes possibilités d'étude systématique des oiseaux. La plupart des renseignements dont nous disposons à l'heure actuelle se composent d'observations fortuites consignées par des ornithologues amateurs de la région et d'ailleurs (dossiers MNB et Maritimes Nest Records Scheme). Les résumés saisonniers présentés dans *American Birds*, *N.B. Naturalist* et *The Guillemot* présentent souvent des détails sur les observations d'oiseaux dans la région.

Un certain nombre de dénombrements de Noël ont porté sur la région (tableau 4). Les oiseaux de rivage à Eastport, à Lubec et à Maces Bay, les rassemblements de Phalaropes et de Larinés dans le passage Head Harbour, les nids de Balbuzards et de Pygargues à tête blanche, les colonies reproductrices d'oiseaux de mer (tableau 2), les oiseaux pélagiques, les Bécasseaux violets dans leurs quartiers d'hiver et les oiseaux d'eau ont fait l'objet de relevés (la plupart assez limités). Des études de l'alimentation de la Mouette de Bonaparte et des Sternes et des travaux sur le régime alimentaire des grands Larinés, des Cormorans, des Eiders à duvet et des Bécasseaux violets ont également été effectués. La bibliographie ou le tableau 4 présente les sources de ces données.

Des livres sur les oiseaux du Nouveau-Brunswick (Squires, 1976) et du Maine (Palmer, 1949) présentent des détails sur les oiseaux fréquentant la région de Quoddy de même que des renseignements généraux sur la région environnante. Cette dernière source donne notamment de nombreux aperçus écologiques. Un catalogue présente le statut des oiseaux de la presqu'île de St. Andrews (MacCoubrey et Moffatt, 1974), et un guide d'ornithologie de la région de Saint-Jean décrit les emplacements voisins de Maces Bay (Christie, 1978).

Observations

Les oiseaux, dont beaucoup d'espèces sont très faciles à voir ou à entendre, offrent de plus grandes possibilités d'étude par observation directe que toute autre classe d'animaux. Il faut avoir des jumelles (grossissement de 6 à 10) pour faciliter leur identification et l'observation de leur comportement. Dans les espaces libres, un télescope à grossissement de 20 ou 30 peut être nécessaire pour étudier à distance les oiseaux, comme les espèces aquatiques en mer. L'ouïe joue un rôle important dans l'identification de certaines espèces, notamment dans les boisés. Les photographies, souvent faites à partir d'une cachette permettant d'être près des sujets sans les déranger, aident à analyser le comportement des oiseaux et à compter les vastes troupes. Des enregistreuses et des microphones paraboliques peuvent servir à étudier les chants et à déceler la présence d'espèces rares ou discrètes, car de nombreux oiseaux réagissent rapidement lorsqu'on leur fait jouer l'enregistrement du chant de leur espèce.

Dans la région de Quoddy, les guides d'identification sur le terrain les plus utiles sont ceux de Peterson (1980) et Robbins *et al.* (1966). Un ouvrage plus volumineux et excellent est celui de Godfrey (1966). On peut se procurer un certain nombre de bons enregistrements des chants des oiseaux de l'est de l'Amérique du Nord, dont ceux de Kellogg et Allen (1971) et de Borror et Gunn (sans date). Il existe une masse de documents généraux et spécialisés sur les oiseaux et leur étude. Les textes classiques d'ornithologie (comme celui de Pettingill, 1970) comportent un examen des méthodes et une bibliographie. Plusieurs références citées dans le présent chapitre donnent un aperçu des méthodes d'étude utiles.

La simple observation des oiseaux est très utile pour les études du cycle annuel, du comportement, de la biologie de la reproduction, de la reproduction effective, de la densité et des tendances de la population, de la structure de la communauté, de l'utilisation de l'habitat et de certains aspects du régime alimentaire et des migrations. Tel est notamment le cas des habitats dégagés, où un observateur à pied ou motorisé, ou même en avion (pour effectuer des relevés dans de vastes régions) peut facilement voir les oiseaux. Dans ces conditions, on peut quelquefois effectuer des dénombrements presque complets d'une colonie reproductrice ou des rassemblements d'oiseaux s'alimentant ou se reposant.

Un observateur immobile peut facilement surveiller

TABLEAU 4. Sources de renseignements inédits et d'aide pour l'étude des oiseaux de la région de Quoddy.

Service canadien de la faune Région de l'Atlantique Boîte postale 1590 Sackville (N.-B.) E0A 3C0 (et les autres bureaux)	Plan de relevés des nids des Maritimes; divers relevés des oiseaux d'eau, des oiseaux de rivage, des oiseaux de mer; bibliothèque; permis de capture, étiquetage et collecte scientifique.
Maine Shorebird Survey Université du Maine Orono, Maine	Relevés des oiseaux de rivage et des Phalaropes dans le Maine et près de l'État.
Ministère des Ressources naturelles du Nouveau-Brunswick Direction de la pêche sportive et de la chasse Boîte postale 6000 Fredericton (N.-B.) E3B 5H1	Données sur les oiseaux-gibier des bas-plateaux; permis de port d'arme pour les collectes scientifiques.
Musée du Nouveau-Brunswick 277, avenue Douglas Saint-Jean (N.-B.) E2K 1E5	Relevés des oiseaux reproducteurs; dossiers sur les données relatives aux observations d'oiseaux; collecte d'oiseaux, d'oeufs, etc.; bibliothèque; expositions.
Sunbury Shores Art & Nature Centre Boîte postale 100 St. Andrews (N.-B.) E0G 2X0	Programmes d'histoire naturelle; sentier d'observation de la nature; liste d'oiseaux.
U.S. Fish & Wildlife Service Refuge Manager Moosehorn National Wildlife Refuge Calais, Maine 04619	Renseignements sur les oiseaux et la gestion des unités du refuge à Baring et dans la baie Cobscook; expositions; sentier d'observation de la nature.
Université de Guelph Département de zoologie Guelph (Ontario) N1G 2W1	Relevés et études écologiques des oiseaux de mer.

le passage des migrateurs diurnes et compter les oiseaux traversant un endroit de la route de migration. Le radar est le meilleur moyen d'étudier les déplacements des migrateurs nocturnes, même si ceux-ci peuvent souvent être détectés visuellement contre la face éclairée de la lune ou auditivement par les cris qu'ils poussent.

Il est plus difficile de déceler la présence d'oiseaux dans les boisés et les régions à couvert végétal élevé que dans les zones dégagées, même si une observation visuelle et auditive patiente et déterminée peut révéler de nombreux détails sur le cycle évolutif d'une espèce. Il est malaisé de déterminer la densité des populations fréquentant des couverts végétaux denses, car on ne peut compter les oiseaux comme les Canards sur un étang. Pendant la saison de reproduction, les mâles de nombreuses espèces de Passereaux chantent souvent dans le territoire où ils se sont établis. La méthode traditionnelle pour déterminer l'effectif d'une espèce est de cartographier l'emplacement des mâles chanteurs sur une parcelle de recensement (International Bird Census Committee, 1970).

On peut aussi recourir à des transects de largeur fixe ou variable ou à des échantillonnages ponctuels pour déterminer les populations pendant la saison de reproduction et à d'autres moments (Kolb, 1965; Emlen, 1971; Dickson, 1978; Proceedings, Symp. Estimating the Numbers of Terrestrial Birds, octobre 1980; U.S. Fish and Wildlife Service et U.S. Forest Service, sous presse).

L'indice de la population, chiffre qui reflète la taille de la population, suffit souvent pour les programmes de gestion de la faune et de surveillance de l'environnement. Les relevés caractéristiques des indices de population, comme le Continental Breeding Bird Survey (Erskine, 1978), sont des programmes systématiques d'échantillonnage des indices facilement audibles ou visibles qui, répétés dans des conditions semblables, devraient révéler les tendances de la population. On se sert de tels relevés pour étudier les changements d'une année à l'autre et effectuer des études sur les effets des pesticides ou d'autres traitements environnementaux avant et après leur application.

CAPTURE, MARQUAGE ET COLLECTE

La simple observation des oiseaux sur le terrain ne permet pas de répondre à certains objectifs. L'étude de l'anatomie, de la physiologie, de la dynamique des populations, du régime alimentaire, de la pathologie, des modes de dispersion et de certains aspects comportementaux et écologiques nécessite que l'on tienne les spécimens en main pour les examiner de près, les marquer et les identifier.

Tous les oiseaux sauvages du Nouveau-Brunswick sont protégés en vertu de la Loi provinciale sur la pêche sportive et la chasse, et bon nombre d'entre eux le sont

également par la Loi fédérale sur la Convention concernant les oiseaux migrateurs. Le Service canadien de la faune délivre des permis pour le baguage d'oiseaux et leur capture ou leur collecte à des fins scientifiques. On peut se procurer des permis de port d'arme sur le terrain auprès du garde-chasse en chef, ministère des Richesses naturelles du Nouveau-Brunswick (tableau 4).

Il existe de multiples méthodes pour capturer les oiseaux locaux dont la taille va de 3 g pour le Colibri à 5 kg pour les Oies et les Pygargues. Les organismes de réglementation peuvent fournir des conseils sur les méthodes propres au type d'oiseau étudié. De bonnes sources d'information sur ces méthodes apparaissent dans le *Guide de baguage* (*Bird Banding Manual*) distribué aux détenteurs de permis de baguage et dans deux revues, *North American Bird Bander* et *Journal of Field Ornithology* (autrefois appelé *Bird-Banding*).

La méthode classique pour identifier les différents oiseaux consiste à placer une bague d'aluminium numérotée autour d'une patte. Lorsqu'il est important d'identifier les individus sur le terrain sans les recapturer, on ajoute à la bague normalisée une bague de plastique coloré à la patte, des étiquettes aux ailes ou un collier autour du cou, ou on teint certaines parties du plumage. Quiconque reprend un oiseau bagué ou observe un oiseau marqué devrait communiquer tous les détails au Service canadien de la faune, Région de l'Atlantique, B.P. 1590, Sackville (N.-B.).

On collecte habituellement des oiseaux à l'aide d'un fusil de calibre approprié à l'espèce recherchée. Bien souvent, le fusil est le seul moyen de capture, mais il peut être déconseillé dans certaines conditions, et certaines espèces sont prises plus facilement à l'aide d'un piège ou d'un filet. Anderson (1960) donne les grandes lignes de méthodes de collecte et de préservation des spécimens d'oiseaux.

Emplacements particuliers

Généralités

Les possibilités d'étude des oiseaux sont bonnes presque partout dans la région de Quoddy, mais certains emplacements se prêtent mieux à des études particulières. Les commentaires qui suivent sont plutôt d'ordre général et pourraient être améliorés lorsque la région sera étudiée plus systématiquement.

Nous décrivons d'abord les régions de la partie nord de la baie Passamaquoddy en commençant par l'estuaire de la rivière St. Croix, pour passer ensuite plus au sud et terminer par les régions ouest.

Estuaire de la rivière St. Croix — La rivière St. Croix, le plus grand cours d'eau de la région de Quoddy, possède un estuaire de 25 km s'étendant de St. Stephen à St. Andrews. On y accède plus facilement à partir d'emplacements le long de la route 1 des États-Unis, au sud de Calais (Maine), qu'à partir de la route 127 NW de St. Andrews et de la route de The Ledge, au sud-est de St. Stephen. Les oiseaux qui fréquentent les eaux peu profondes et les rivages vaseux sont communs, et le Garrot de Barrow peut être observé régulièrement en hiver le long de l'estuaire. La baie Oak, importante baie au large de l'estuaire, est fréquentée régulièrement par le Huart à collier. Elle est traversée par la route 1 du N.-B. à environ 20 km au nord-ouest de St. Andrews et à 2 km à l'ouest du petit estuaire de la rivière Waweig.

St. Andrews — En été, le matin, la charmante ville de St. Andrews résonne de chants d'oiseaux. Ses grands arbres, ses bosquets et ses jardins bien entretenus offrent des habitats à de nombreux oiseaux chanteurs souvent associés aux régions résidentielles. De nombreux oiseaux migrateurs, certains étant des visiteurs rares, s'arrêtent dans la ville pendant leurs déplacements. En hiver, de nombreuses personnes approvisionnent des mangeoires.

La majeure partie des boisés entourant St. Andrews sont composés de jeunes peuplements mixtes. Le sentier d'interprétation de la nature Sunbury Shores à l'anse Pottery,non loin de la route de la pointe Joes et à 1.4 km à l'ouest du centre de la ville, traverse des bosquets de jeunes arbres, et, à 1 km plus loin au nord-ouest, la Station de biologie de St. Andrews et le Laboratoire maritime Huntsman des sciences marines de l'anse Brandy sont entourés par des peuplements plus âgés. Il existe des forêts plus étendues plus loin de la ville, mais il peut être difficile de trouver de grands peuplements d'âge mûr. Les habitats champêtres sont le mieux représentés le long de la route 127, vers l'ouest en direction de St. Stephen.

Le Balbuzard, souvent observé près de la ville, niche souvent dans l'île Navy que l'on peut voir de la rue Water. Diverses espèces de Larinés, d'oiseaux de rivage et de Canards fréquentent également le bord de l'eau, mais on peut les retrouver pour la plupart en plus grand nombre à la pointe Indian et au chemin Bar.

À la pointe Indian, à l'extrémité sud-est de la presqu'île de St. Andrews et à environ 1,5 km au sud-est du centre de la ville se trouve une zone intertidale étendue composée d'une couche rocheuse et de sédiments meubles. Les oiseaux de rivage s'y nourrissent souvent pendant leur migration (le Bécasseau violet en hiver) et peuvent se percher à marée haute sur la plage graveleuse à l'extrémité est de la pointe ou sur le terrain de balle situé de l'autre côté de la route. Toutefois, la grande fréquentation de la plage de juillet au début septembre peut chasser les oiseaux. Les Bernaches sont communes sur le rivage de la fin mars à mai. Les Canards qui y passent l'hiver s'alimentent régulièrement dans les eaux peu profondes, et les Larinés, les Cormorans et les Huarts sont également faciles à voir.

Le long de la côte est, à environ 1 km au nord de la pointe Indian, se trouve un petit marais salé, le seul près de St. Andrews. C'est un bon endroit où observer les Canards barboteurs, les oiseaux de rivage et les Passereaux aimant les marais. On trouve des boisés mal drainés le long de la voie ferrée entre le marais et la pointe Indian.

La route Bar, embranchement de la route 127 vers Saint-Jean (à un peu plus de 2 km du centre de la ville), se dirige vers le nord-est jusqu'à une barre graveleuse intertidale qui, sauf à marée haute, relie l'île Minister à la terre ferme. Les battures graveleuses semblent être moins attirantes pour les oiseaux de rivage que celles de la pointe Indian, mais les eaux abritées sont fréquentées par de nombreux Canards, Cormorans, Huarts et Grèbes.

Île Hardwood — L'île Hardwood, petite île boisée dans la partie nord de la baie Passamaquoddy, à environ 10 km par bateau de St. Andrews, est le lieu de reproduction de Hérons, de Larinés et d'Eiders à duvet. Au moins trois autres îles de la baie Passamaquoddy abritent également des colonies d'oiseaux de mer (tableau 2). L'île Hardwood est la propriété d'un particulier, de sorte qu'il faut obtenir sa permission avant d'y faire une visite prolongée. Il faut veiller à ne pas déranger indûment les oiseaux.

Baie Cobscook — La baie Cobscook (Maine), très abritée, se trouve dans une situation estuarienne plutôt exceptionnelle et possède de nombreux bras et anses qui offrent une grande superficie de rivage et d'habitats aquatiques protégés. On y accède par les routes 190, 1 et 189 entre Eastport et Lubec. Une partie du rivage de deux de ces bras, les baies Dennys et Whiting, font partie du refuge faunique national de Moosehorn. Les parties extérieures de la baie Cobscook sont de nature plus marine qu'estuarienne, de sorte que l'ensemble de la baie offre une grande diversité de conditions aux oiseaux aquatiques.

Les passages Letite — Les passages Letite et Little Letite sont d'étroits chenaux au nord de l'île Deer par lesquels de forts courants de marée entrent dans la baie Passamaquoddy et la quittent. Le traversier de l'île Deer (gratuit) partant de Letete sur la route 772 au sud de St. George passe devant plusieurs îles en franchissant ces passages. Il est facile d'observer, à partir du traversier, des Guillemots à miroir qui s'y trouvent à longueur d'année. L'Eider à duvet, le Bec-scie à poitrine rousse et les Macreuses y sont communs de l'automne au printemps, époque où de petits effectifs d'autres espèces aquatiques y arrivent. Le Pygargue à tête blanche est souvent observé dans cette région.

Les îles des passages — On retrouve, à l'est de l'île Deer, plus de 40 petites îles (l'île McMaster avec ses 180 ha étant la plus grande) et des îlots dans les passages Head Harbour et Letite et près de ceux-ci. Les Cormorans à aigrettes, les Grands Hérons, les Eiders à duvet, les Goélands à manteau noir, les Goélands argentés et les Guillemots à miroir trouvent des emplacements de nidification sur plusieurs des îles (dont celles du tableau 2) auxquelles on peut accéder par embarcation à moteur à partir des villages de pêche avoisinants.

Île Deer — L'île Deer, en grande partie boisée, est accessible à longueur d'année par un traversier gratuit qui part de Letete sur la partie continentale du Nouveau-Brunswick, et en été par des traversiers payants qui partent de l'île Campobello (Nouveau-Brunswick) et d'Eastport (Maine). Les ports abrités de Lords Cove, Leonardville et Fairhaven sont de bonnes régions pour les Canards. Le parc situé à la pointe de l'île Deer, à l'extrémité sud de l'île près du débarcadère des traversiers d'Eastport et de Campobello, est un excellent lieu d'observation des oiseaux aquatiques, notamment lorsque les Larinés et les Phalaropes se rassemblent dans le passage Head Harbour. Les Larinés se rassemblent souvent pour se baigner et boire à Big Pond entre Richardson et Leonardville.

Des migrations diurnes de Passereaux ont été observées au printemps lorsque des troupes en vol vers le nord ont été signalées le long de la côte est et à l'automne lorsque des oiseaux survolaient les eaux de la pointe de l'île Deer à Eastport (dossiers MNB).

Passage Head Harbour et passage Western — Les passages Head Harbour et Western, situés au sud-est et au sud-ouest de l'île Deer, sont plus longs et plus larges que le passage Letite, mais sont traversés de courants de marée aussi forts. Ces eaux nourrissent de nombreuses espèces d'oiseaux de mer à longueur d'année, notamment à la fin de l'été et en automne (section « Passages » et tableau 3). On peut suivre les Larinés, les Sternes et les Phalaropes d'un endroit à l'autre à bord d'un petit bateau, liberté dont ne peuvent jouir les observateurs à terre. Toutefois, il existe de bons emplacements d'observation à la pointe Deer Island, à Eastport et de Wilsons Beach au cap East Quoddy. Les traversiers de l'île Deer à Eastport et Campobello permettent quelquefois de se rapprocher des oiseaux s'ils s'alimentent près de la route des traversiers.

Île Campobello — On accède à l'île Campobello par le pont international de Lubec (Maine) et, pendant l'été, par les traversiers payants de l'île Deer. Les migrateurs printaniers suivent naturellement la côte du Maine jusqu'à Campobello. Selon toute probabilité, des Buses — que l'on a observées volant vers le nord à l'anse Herring du côté est de l'île (dossier MNB) — et des Passereaux se déplacent le long du cap East Quoddy où ils doivent survoler l'eau et de petites îles pour atteindre la terre ferme ou faire demi-tour. Pour observer des Canards marins, des Huarts et d'autres espèces d'oiseaux aquatiques migrant au-dessus de la mer, les meilleurs points sont probablement le cap Owens et la pointe Liberty, accessibles à pied et situés à 1,5 et 3 km au sud de l'anse Herring ou, en face, le cap West Quoddy (Maine). Ces migrateurs seront vraisemblablement plutôt éloignés du rivage en d'autres endroits.

Les oiseaux du passage Head Harbour peuvent être observés du rivage entre la plage Wilson et le cap East Quoddy, emplacement exposé où le Canard arlequin et certaines espèces pélagiques sont souvent observées. Les vasières au sud du pont de Lubec sont de bons endroits pour les oiseaux de rivage.

Traversier de Grand Manan — Le traversier pour automobiles qui se rend à l'île de Grand Manan est un moyen relativement peu coûteux d'aller en mer pour observer les communautés d'oiseaux pélagiques (section « Passages »). On devrait pouvoir observer la plus grande diversité d'espèces d'août à décembre, mais le voyage peut être intéressant à tout moment de l'année. Les traversiers effectuent un ou plusieurs voyages de retour par jour, selon la saison, à partir de Blacks Harbour sur la partie continentale du Nouveau-Brunswick.

The Wolves — The Wolves, composées de quatre îles rocheuses et d'un îlot et situées dans la baie de Fundy à environ 10 km au sud de Beaver Harbour, abritent les principales colonies reproductrices d'oiseaux de mer de la région (tableau 2). En outre, elles servent régulièrement de quartiers d'hiver au Canard arlequin. L'île sud de The Wolves est en partie la propriété de Transports Canada, les autres appartenant à la famille Hawkins de Beaver Harbour. Il faut avoir un bon bateau de pêche pour s'y rendre en visite.

Parc provincial de New River Beach — Ce parc, situé

tout près de la route 1, à 25 kilomètres à l'est de St. George, comporte une plage de sable fin où les Bécasseaux sanderling s'alimentent pendant la migration de l'automne. Dans le parc, le sentier d'observation de la nature de cap Barnaby traverse des forêts de conifères et une petite tourbière le long de la côte d'un cap rocheux. La Paruline à couronne rousse et le Bruant de Lincoln nichent près de grandes tourbières du côté nord de la route 1, immédiatement à l'est du parc.

Baie Maces — La baie Maces, facile à observer à partir de la route 790 qui se dirige au sud à partir de la route 1 à environ 35 km à l'est de St. George, est un bon endroit pour les oiseaux marins côtiers, et les battures rocheuses et légèrement en pente comportant de nombreuses flaques peu profondes attirent les oiseaux de rivage migrateurs à la fin de l'été, le Bécasseau violet en hiver et de nombreuses espèces de Bernaches au printemps. Des Larinés et d'autres espèces d'oiseaux de mer se reproduisent dans les îles Salkeld (The Brothers) à 2 km au large de la côte (tableau 2).

Le Petit bassin Lepreau, traversé par la route 790 à l'extrémité nord du village de Maces Bay, est un estuaire abrité et vaseux qui est une bonne région de ravitaillement à marée basse pour les oiseaux de rivage migrateurs et à marée haute pour les petits Garrots hivernants.

Pointe Lepreau — La route menant à la pointe Lepreau s'allonge sur 4,5 km à partir de la route 790, à environ 0,3 km à l'est de Maces Bay. On peut observer régulièrement des Petits Pingouins et des Mouettes tridactyles sur ce promontoire qui fait saillie dans la baie de Fundy et quelquefois des Marmettes et des Canards arlequin en hiver lorsque soufflent de forts vents d'ouest et que les oiseaux s'abritent sous le vent de la pointe.

On y retrouve diverses autres espèces marines en hiver et de grandes volées de Canards marins y passent pendant la migration; à cette époque, les oiseaux terrestres y sont quelquefois également très nombreux. La N.B. Power possède une centrale nucléaire à la base de la pointe et peut en interdire l'accès. Il est préférable de communiquer avec le bureau de la sécurité pour obtenir la permission de visiter la région du phare.

Marais Musquash — Tous les marais salés de la région de Quoddy sont très petits, mais à environ 13 km à l'est de la région se trouve un marais de 650 ha situé au sud de la route 1 à Musquash. La partie supérieure a été partiellement endiguée et drainée pour servir au pâturage et à la production de foin, mais le reste est inondé par les grandes marées. Tous les oiseaux associés aux marais intertidaux et endigués de la baie de Fundy se retrouvent à Musquash, sauf le Chevalier semipalmé qui ne se reproduit régulièrement que du côté néo-écossais de la baie. On peut accéder au marais Musquash par la route 1 et par la route Musquash Sud qui se dirige vers l'est à partir de la route 790, à environ 2 km de la route 1.

Annexe A

Le statut, la saison de fréquentation et les habitats de 220 espèces de la région de Quoddy sont énumérés ci-dessous. Au moins 80 autres espèces ont déjà été signalées, mais leur présence dans la région est très rare ou accidentelle. Le nombre et le statut sont indiqués par une lettre et la saison de fréquentation par des numéros signifiant le mois de l'année. Les mois entre parenthèses représentent les périodes pendant lesquelles une espèce est beaucoup moins nombreuse qu'à d'autres. Quelques spécimens peuvent avoir été observés plus tôt ou plus tard qu'indiqué.

a — abondant (on peut en avoir observé 200 ou plus en une journée)
c — commun (on peut en avoir observé de 15 à 199 en une journée)
u — peu commun (on peut en avoir observé jusqu'à 14 en une journée, habituellement au moins une fois par semaine)
r — rare (observés moins d'une fois par semaine ou, s'ils l'ont été plus souvent, la population régionale est petite et circonscrite)
e — irrégulier (fluctuations des populations d'une année à l'autre; peuvent être aussi nombreux qu'indiqués, plus rares et même absents)
R — résidant à longueur d'année (en tant qu'espèce; certains individus peuvent émigrer)
S — estivant ou visiteur
B — reproducteur connu ou probable
W — hivernant ou visiteur
M — migrateur (de printemps et d'automne)
Sp — migrateur de printemps
F — migrateur d'automne
1 — janvier, 2 — février, etc.

Note : Les termes désignant l'abondance sont fonction de la visibilité de même que des populations de chaque espèce dans la région. Ainsi, le Pygargue à tête blanche et le Grimpereau brun sont tous deux classés comme peu communs, le Grimpereau, bien plus difficile à voir, étant sans aucun doute beaucoup plus nombreux que le très visible Pygargue.

Huart à collier *Gavia immer* : cW, uSB 1–12, eaux littorales, lacs.
Huart à gorge rousse *G. stellata* : uW 10–5, eaux littorales.
Grèbe jougris *Podiceps grisegena* : uW 10–4, eaux littorales.
Grèbe cornu *P. auritus* : cW 10–4, eaux littorales.
Grèbe à bec bigarré *Podilymbus podiceps* : rS 4–11, étangs.
Puffin majeur *Puffinus gravis* : aSF 7–11, haute mer.
Puffin fuligineux *P. griseus* : cS, uF 7–9, haute mer.
Puffin des Anglais *P. puffinus* : uSF 7–10, haute mer.
Pétrel cul-blanc, *Oceanodroma leucorhoa* : rF 8?–10?, haute mer.
Pétrel océanite *Oceanites oceanus* : rF 8?–9, haute mer.
Fou de Bassan, *Morus bassanus* : uS, cF 5–11, haute mer. Tentative de reproduction de 1977 à 1979 à l'île White Horse (Gaskin et Smith, 1979).
Grand Cormoran, *Phalacrocorax carbo* : cW 9–4, eaux littorales. S'est déjà reproduit dans l'île White Horse (Tufts et Townsend, 1924) et dans la baie Maces (Squires, 1976).
Cormoran à aigrettes, *P. auritus* : aSB 4–11, eaux littorales.
Grand Héron, *Ardea herodias* : cSB 4–11, eaux peu profondes.
Héron vert, *Butorides striatus* : rS 5–9, rivages abrités à eaux peu profondes.
Bihoreau à couronne noire, *Nycticorax nycticorax* : rM 4–5, 8–10, flaques de marée et ruisseaux.
Butor d'Amérique, *Botaurus lentiginosus* : uSB 4–10, marais, marécages.
Bernache du Canada, *Branta canadensis* : cM 3–4, 10–12, lacs, marécages, zones intertidales.
Bernache cravant, *B. bernicla* : aSp 3–5, zones intertidales à faible déclivité.
Canard colvert, *Anas platyrhynchos* : uW 10–4, étangs, estuaires et zones intertidales.
Canard noir, *A. rubripes* : cW, uSB 1–12, étangs, estuaires, zones intertidales.
Canard pilet, *A. acuta* : rM 3–4, 9–10, marécages.

Sarcelle à ailes vertes, *A. crecca* : uM, rS 3–4 (5–8) 9–11, étangs, marécages.
Sarcelle à ailes bleues, *A. discors* : uM 4, 8–10, étangs.
Canard siffleur d'Amérique, *A. americana* : rM 4, 10, étangs.
Canard branchu, *Aix sponsa* : rS 4–10, étangs des boisés et cours d'eau lents.
Morillon à collier, *Aythya collaris* : rSB 4–11, étangs forestiers et petits lacs.
Grand Morillon, *A. marila* : cW 10–4, anses abritées et estuaires.
Garrot à oeil d'or, *Bucephala clangula* : cW 10–4, eaux littorales, estuaires.
Garrot de Barrow, *B. islandica* : rW 11–3, estuaires, anses protégées.
Petit Garrot, *B. albreola* : cW 10–4, anses abritées et estuaires.
Canard kakawi, *Clangula hyemalis* : aW 10–4, habitats marins littoraux.
Canard arlequin, *Histrionicus histrionicus* : rW 10–4, rivages rocheux exposés.
Eider à duvet, *Somateria mollissima* : aRB 1–12, habitats marins littoraux.
Macreuse à ailes blanches, *Melanitta deglandi* : cW 10–5, habitats marins littoraux.
Macreuse à front blanc, *M. perspicillata* : cW, aSp 10–5, habitats marins littoraux.
Macreuse à bec jaune *M. nigra* : uW, aSP 10–5, habitats marins littoraux.
Bec-scie couronné, *Lophodytes cucullatus* : uM, rSB, RW 4-5, 10–11(6–9, 12–3), étangs, anses abritées et estuaires.
Grand Bec-scie, *Mergus merganser* : uW, rSB 10–4 (5–9), estuaires, cours d'eau.
Bec-scie à poitrine rousse, *M. serrator* : rSB 10–5, eaux littorales, estuaires.
Autour des palombes, *Accipiter gentilis* : rRB 1–12, boisés.
Épervier brun, *A. striatus* : cM, uSR, rW 4–11 (12–3), boisés, lisières forestières.
Buse à queue rousse, *Buteo jamaicensis* : uRB 1–12, boisés, régions dégagées.
Petite Buse, *B. platypterus* : cM, uSB 4–9, boisés.
Buse pattue, *B. lagopus* : rW 11–4, champs, marécages.
Pygargue à tête blanche, *Haliaeetus leucocephalus* : uRB 1–12, habitats côtiers.
Busard Saint-Martin, *Circus cyaneus* : uM, rS 3–5 (6–7) 8–10, marécages, champs.
Balbuzard, *Pandion haliaetus* : cSB 4–10, eaux peu profondes.
Faucon pèlerin, *Falco peregrinus* : rM 4, 9–10, habitats côtiers.
Faucon émerillon, *F. columbarius* : uM 4–5, 9–11, habitats côtiers.
Crécerelle d'Amérique, *F. sparverius* : cM, uSB 3–10, champs et régions dégagées.
Tétras du Canada, *Canachites canadensis* : rRB 1–12, conisilves.
Gélinotte huppée, *Bonasa umbellus* : uRB 1–12, boisés.
Pluvier semiplamé, *Charadrius semipalmatus* : uSp, aF 5, 7–10, vasières intertidales.
Pluvier Kildir, *C. vociferus* : cSp, uSB 3–10, champs, rivages secs.
Pluvier doré d'Amérique, *Pluvialis dominica* : rF 8–10, vasières intertidales.
Pluvier argenté, *P. squatarola* : uSp, cF 5, 8-1, vasières intertidales et battures sableuses.
Barge hudsonnienne, *Limosa haemastica* : rF 8–10, vasières intertidales.
Courlis corlieu, *Numenius phaeopus* : rF 8–9, zones intertidales, champs.
Grand Chevalier, *Tringa melanoleuca* : cM 4–5, 7–11, flaques intertidales, ruisseaux.
Petit Chevalier, *T. flavipes* : uF 7–10, flaques intertidales et ruisseaux.
Chevalier solitaire, *T. solitaria* : rSp, uF 5, 7–10, rivages à étangs, marécages, fossés.
Chevalier semipalmé, *Catoptrophorus semipalmatus* : rM 5, 8, zones intertidales.
Chevalier branlequeue, *Actitus macularia* : uSB 5–10, rivages d'eau douce et d'eau salée; évite habituellement les vasières molles.
Tournepierre à collier, *Arenaria interpres* : uF 8–10, zones intertidales rocheuses et sableuses.
Phalarope hyperboréen, *Lobipes lobatus* : cSp, aF 5, 7–10, haute mer, région du passage Head Harbour.
Phalarope roux, *Phalaropus fulicarius* : uM 5, 8–11, haute mer.
Bécasse d'Amérique, *Philohela minor* : uSB 3–11, boisés, bosquets.
Bécassine des marais, *Capella gallinago* : uSB 4–10, marécages, régions marécageuses.
Bécasseau roux, *Limnodromus griseus* : rSp, uF 5, 7–9, vasières intertidales.
Bécasseau maubèche, *Calidris canutus* : uF 8–10, vasières intertidales et battures sableuses.
Bécasseau sanderling, *C. alba* : cF 7–11, zones intertidales, notamment zones sableuses.
Bécasseau semipalmé, *C. pusilla* : uSp, aF 5–6, 7–10, vasières intertidales.
Bécasseau minuscule, *C. minutilla* : cSp, aF 5, 7–10, vasières intertidales, marécages.
Bécasseau à croupion blanc, *C. fuscicollis* : rSp, cF 5, 8–11, vasières intertidales.
Bécasseau à poitrine cendrée, *C. melanotos* : uF 8–10, marécages.
Bécasseau violet, *C. maritima* : cW 9–5, rochers intertidaux.
Bécasseau variable, *C. alpina* : cF 9–11, zones intertidales, notamment flaques et ruisseaux.
Labbe pomarin, *Stercorarius pomarinus* : rF 8–10, haute mer.
Labbe parasite, *S. parasiticus* : uF 7–10, haute mer.
Goéland bourgmestre, *Larus hyperboreus* : rW 11–4, habitats marins et côtiers.
Goéland arctique, *L. glaucoides* : uW 11–4, habitats marins et côtiers.
Goéland à manteau noir, *L. marinus* : aRB 1–12, habitats marins et côtiers.
Goéland argenté, *L. argentatus* : aRB 1–12, habitats marins et côtiers.
Goéland à bec cerclé, *L. delawarensis* : uM, rW 8–11 (12–2) 3–5, estuaires, région du passage Head Harbour, battures.
Mouette rieuse, *L. ridibundus* : rW 9–1 (4?), région du passage Head Harbour.
Mouette de Bonaparte, *L. philadelphia* : uSp, aF 4–5, 7–12, région du passage Head Harbour.
Mouette pygmée, *L. minutus* : rF 8–11, région du passage Head Harbour.
Mouette tridactyle, *Rissa tridactyla* : aFW, rS (7) 8–2 (3), haute mer, région du passage Head Harbour.
Sterne pierregarin, *Sterna hirundo* : uSp, aF 5, 7–10, haute mer, eaux littorales.
Sterne arctique, *S. paradisaea* : aF 8?–9?, haute mer, région du passage Head Harbour.
Petit Pingouin, *Alca torda* : cW 9–3, haute mer, région du passage Head Harbour.
Marmette de Troïl, *Uria aalgae* : rW 9–2?, haute mer.
Marmette de Brünnich, *U. lomvia* : uW 10–3, hauter mer, région du passage Head Harbour.
Mergule nain, *Alle alle* : eaW 10–2?, haute mer, région du passage Head Harbour.
Guillemot à miroir, *Cepphus grylle* : cRB 1–12, habitats marins littoraux.
Macareux moine, *Fratercula arctica* : uF 8–12, haute mer.
Pigeon biset, *Columbia livia* : cRB 1–12, villes, fermes.
Tourterelle triste, *Zenaida macroura* : uSB, rW 3–11 (12–2), terres agricoles, villes.
Coulicou à bec jaune, *Coccyzus americanus* : rF 9–11, boisés, bosquets.

Coulicou à bec noir, *C. erythrophthalmus* : uSB 6–9, boisés, bosquets.
Grand-duc d'Amérique, *Bubo virginianus* : uRB 1–12, boisés.
Harfang des neiges, *Nyctea scandiaca* : erW 11–3, champs, autres régions dégagées.
Chouette rayée, *Strix varia* : uRB 1–12, boisés.
Hibou moyen-duc, *Asio otus* : rM 4, 10, boisés, lisières forestières.
Hibou des marais, *A. flammeus* : rM 4, 10, marécages, champs bas.
Petite Nyctale, *Aegolius acadicus* : uRB 1–12, boisés.
Engoulevent bois-pourri, *Caprimulgus vociferus* : uSB 5–9, estisilves.
Engoulevent d'Amérique, *Chordeiles minor* : uM, rSB 5–9, s'alimente en vol à haute altitude, niche sur le sol dans des régions plutôt dégagées.
Martinet ramoneur, *Chaetura pelagica* : cSB 5–9, se nourrit en vol près des villes et des boisés.
Colibri à gorge rubis, *Archilochus colubris* : uSB 5–9, lisières forestières, jardins.
Martin-pêcheur d'Amérique, *Megaceryle alcyon* : cSB, rW 4–11 (12–3), eaux peu profondes.
Pic flamboyant, *Colaptes auratus* : cSB 4–10, boisés dégagés, champs périphériques.
Pic maculé, *Sphyrapicus varius* : uSB 4–10, forêts mixtes et estisilves.
Pic chevelu, *Picoides villosus* : uRB 1–12, boisés.
Pic mineur, *P. pubescens* : uRB 1–12, boisés à prédominance de feuillus.
Pic à dos noir, *P. arctitus* : rRB 1–12, conisilves.
Tyran tritri, *Tyrannus tyrannus* : uSB 5–8, terres agricoles, lisières forestières.
Moucherolle phébi, *Sayornis phoebe* : uSB 4–10, habitats en périphérie, habituellement près de l'eau.
Moucherolle à ventre jaune, *Empidonax flaviventris* : cSB 6–8, conisilves.
Moucherolle des aulnes, *E. alnorum* : cSB 6–8, aulnaies.
Moucherolle tchébec, *E. minimus* : cSB 5–9, estisilves.
Pioui de l'Est, *Contopus virens* : cSB 5–9, estisilves.
Moucherolle à côtés olive, *Nuttallornis borealis* : uSB 5–8, conisilves dégagées.
Alouette cornue, *Eremophila alpestris* : uM 3–4, 10–12, champs, marécages de rivage.
Hirondelle bicolore, *Iridoprocne bicolor* : cSB 5–8, se nourrit en vol près des boisés, des villes et de l'eau.
Hirondelle de rivage, *Riparia riparia* : cSB 5–8, se nourrit en vol près du sable et du gravier, de l'eau et des berges.
Hirondelle des granges, *Hirundo rustica* : cSB 5–9, se nourrit en vol près des bâtiments et des champs.
Hirondelle à front blanc, *Petrochelidon pyrrhonata* : uSB 5–9, se nourrit en vol près des bâtiments et des champs.
Geai du Canada, *Perisoreus canadensis* : uRB 1–12, conisilves.
Geai bleu, *Cyanocitta cristata* : cRB 1–12, boisés, villes.
Grand Corbeau, *Corvus corax* : cRB 1–12, la plupart des habitats côtiers.
Corneille d'Amérique, *C. brachyrhynchos* : cRB 1–12, la plupart des habitats côtiers.
Mésange à tête noire, *Parus atricapillus* : cRB 1–12, boisés à essence d'ombre, bosquets.
Mésange à tête brune, *P. hudsonicus* : cRB 1–12, conisilves.
Sittelle à poitrine blanche, *Sitta carolinensis* : rRB 1–12, estisilves.
Sittelle à poitrine rousse, *S. canadensis* : ecRB 1–12, conisilves.
Grimpereau brun, *Certhia familiaris* : uRB 1–12, boisés.
Troglodyte des forêts, *Troglodytes troglodytes* : cSB 4–10, conisilves.
Moqueur polyglotte, *Mimus polyglottos* : rRB 1–12, bosquets.
Moqueur chat, *Dumetella carolinensis* : cSB 5–9, bosquets.
Moqueur roux, *Toxostoma rufum* : rSB 5–10, bosquets.
Merle d'Amérique, *Turdus migratorius*: aSB, rW 3–11 (12–2), boisés, fermes, villes.
Grive des bois, *Hylocichla mustelina* : rSB 5–9, estisilves.
Grive solitaire, *Catharus guttatus* : cSB 4–10, boisés.
Grive à dos olive, *C. ustualatus* : cSB 5–10, conisilves.
Grive à joues grises, *C. minimus* : rM 5–6, 9–10, boisés.
Grive fauve, *C. fuscescens* : cSB 5–9, boisés humides de feuillus et forêts mixtes.
Merle-bleu de l'Est, *Sialia sialis* : rSB 4–10, terres agricoles, bleuetières.
Roitelet à couronne dorée, *Regulus satrapa* : uRB, cM 1–12, conisilves et forêts mixtes.
Roitelet à couronne rubis, *R. calendula* : cSB 4–10, conisilves et forêts mixtes.
Pipit spioncelle, *Anthus spinoletta* : uM 5, 9–10, champs ouverts et rivages.
Jaseur boréal, *Bombycilla garrulus* : rW 11–3, près des arbres fruitiers.
Jaseur des cèdres, *B. cedrorum* : cSB 6–9, lisières forestières et clairières.
Pie-grièche grise, *Lanius excubitor* : euW 11–4, régions plutôt dégagées, parsemées d'arbres ou de hauts buissons.
Étourneau sansonnet, *Sturnus vulgaris* : cRB, eM 1–12, fermes, villes, lisières forestières.
Viréo à tête bleue, *Vireo solitarius* : uSB 5–9, forêts mixtes.
Viréo aux yeux rouges, *V. olivaceus* : cSB 5–9, principalement estisilves.
Viréo de Philadelphie, *V. philadelphicus* : rM 5, 8–9, boisés, bosquets.
Paruline noir et blanc, *Miniotilta varia* : cSB 5–9, estisilves et forêts mixtes.
Paruline obscure, *Vermivora peregrina* : cSB 5–9, boisés, bosquets.
Paruline à joues grises, *V. ruficapilla* : cSB 5–9, forêts mixtes.
Paruline à collier, *Parula americana* : cSB 5–9, forêts mixtes et conisilves.
Paruline jaune, *Dendroica petechia* : cSB 5–9, bosquets de feuillus, jardins.
Paruline à tête cendrée, *D. magnolia* : cSB 5–9, jeunes conifères et lisières de conisilves.
Paruline tigrée, *D. tigrina* : uSB 5–9, conisilves.
Paruline bleue à gorge noire, *D. caerulescens* : uSB 5–9, jeunes feuillus dans les estisilves ou les forêts mixtes.
Paruline à croupion jaune, *D. coronata* : cSB 4–11, conisilves et forêts mixtes.
Paruline verte à gorge noire, *D. virens* : cSB 5–9, boisés.
Paruline à gorge orangée, *D. fusca* : cSB 5–9, forêts mixtes et conisilves.
Paruline à flancs marron, *D. pensylvanica* : cSB 5–9, jeunes estisilves et forêts mixtes.
Paruline à poitrine baie, *D. castanea* : cSB 5–9, conisilves.
Paruline rayée, *D. striata* : uM, rS 5–6 (7–8) 9–10, boisés (conisilves pendant la saison de reproduction).
Paruline à couronne rousse, *D. palmarum* : uSB 4–11, conifères rabougris le long des lisières de marécages; pendant les migrations, commune dans les bosquets et aux lisières forestières.
Paruline couronnée, *Seiurus aurocapillus* : cSB 5–9, surtout les estisilves.
Paruline des ruisseaux, *S. noveboracensis* : cM, uSB 5–9, marécages, bosquets de rivages.
Paruline triste, *Oporornis philadelphia* : uSB 6–8, bosquets bas dans les clairières forestières.
Paruline masquée, *Geothlypis trichas* : cSB 5–10, bosquets bas, souvent en régions humides.
Paruline polyglotte, *Icterus virens* : rF 9–11, bosquets.
Paruline à calotte noire, *Wilsonia pusilla* : uSB 5–9, bosquets humides.
Paruline du Canada, *W. canadensis* : cSB 5–9, bosquets humides

dans les forêts ou près de celles-ci.

Paruline flamboyante, *Setophaga ruticilla* : cSB 5–9, estisilves et forêts mixtes, bosquets élevés.

Moineau domestique, *Passer domesticus* : cRB 1–12, villes, fermes.

Goglu, *Dolichonyx oryzivorus* : cSB 5–9, champs humides.

Sturnelle des prés, *Sturnella magna* : rSB 4–10, champs asséchés.

Carouge à épaulettes, *Agelaius phoeniceus* : aSp, uSB 3–11, marécages, bosquets de rivages.

Oriole du Nord, *Icterus galbula* : uM 5, 8–9 (–11), essences d'ombre à feuilles caduques.

Quiscale rouilleux, *Euphagus carolinus* : uSB 4–10, boisés marécageux.

Quiscale bronzé, *Quiscalus quiscula* : aSp, cSB, rW 3–11 (12–2), boisés près de l'eau, villes, fermes.

Vacher à tête brune, *Molothrus ater* : aSp, cSB, rW 3–10 (11–2), fermes, zones dégagées.

Tangara écarlate, *Pirangea olivacea* : uM 5, 8–9, boisés, bosquets.

Cardinal rouge, *Cardinalis cardinalis* : rRB 1–12, villes, boisés.

Cardinal à poitrine rose, *Pheuticus ludovicianus* : uSB 5–9, estisilves.

Passerin indigo, *Passerina cyanea* : rS 5–10, bosquets, lisières forestières.

Dickcissel, *Spiza americana* : rF 8–11, champs, villes.

Gros-bec errant, *Herperiphona vestertira* : eaRB 1–12, boisés, villes.

Roselin pourpre, *Carpodacus purpureus* : cSB, euW 4–10 (11–3), boisés, villes.

Dur-bec des pins, *Pinicola enucleator* : ecW 10–4, boisés.

Sizerin flammé, *Carduelis flammea* : eaW 10–4, bosquets, champs, forêts.

Chardonneret des pins, *C. pinus* : ecRB 1–12, forêts, bosquets.

Chardonneret jaune , *C. tristis* : ecRB 1–12, villes, champs, bosquets.

Bec-croisé rouge, *Loxia curvirostra* : ecR 1–12, conisilves.

Bec-croisé à ailes blanches, *L. leucoptera* : ecRB 1–12, conisilves.

Tohi à flancs roux, *Pipilo erythropthalamus* : rM 4–5, 9–11, bosquets.

Bruant des prés, *Passerculus sandwichensis* : cSB 4–10, champs, promontoires herbeux, îles et plages, marais salés.

Bruant à queue aiguë, *Ammospiza caudacuta* : rM 5–6, 9–11, marais salés.

Bruant vespéral, *Pooecetes gramineus* : rM 4, 9–10, champs asséchés, terres dénudées.

Junco ardoisé, *Junco hyemalis* : cSB, uW 1–12, conisilves et forêts mixtes, bosquets.

Bruant hudsonien, *Spizella arborea* : cW 10–4, bosquets, anciens champs.

Bruant familier, *S. passerina* : cSB 5–10, lisières forestières, villes.

Bruant des champs, *S. pusilla* : rM 5, 10–11, bosquets.

Bruant à couronne blanche, *Zonotrichia leucophrys* : uM 5, 9–10, bosquets, lisières forestières.

Bruant à gorge blanche, *Z. albicollis* : cSB, rW 4–10 (11–3), conisilves et forêts mixtes, lisières forestières, bosquets.

Bruant fauve, *Passerella iliaca* : ecSp, uF 3–4, 10–11, bosquets.

Bruant de Lincoln, *Melospiza lincolnii* : uSB 5–10, lisières de marécages, anciens champs humides.

Bruant des marais, *M. georgiana* : cSB 4–10, bosquets humides, lisières des marais.

Bruant chanteur, *M. melodia* : cSB, rW 3–11 (12–2), bosquets, lisières forestières, jardins.

Bruant lapon, *Calcarius lapponicus* : rW 10–3, champs, marais salés.

Bruant des neiges, *Plectrophenax nivalis* : ecW 10–4, champs, marais salés, plages.

Références

American Ornithologists' Union. 1957. p 724 Checklist of North American birds. 5e éd. Port City Press, Baltimore, MD. 691 p. and 1973 and 1976 supplements thereto. Auk 90 : 411–419, 887; 93 : 875–879.

Anderson, R.M. 1960. Methods of collecting and preserving vertebrate animals. 3e éd., révisée. Natl Mus. Can. Bull. 69 : 164 p.

Baird, J.C., D.S. Christie et P.A. Pearce. 1973. Birds and land mammals, p. 131–174. *Dans* Lorneville Environmental Impact Study. Vol. II. Environnement Canada et ministère de l'Environnement du Nouveau-Brunswick.

Barker, S.P. 1976. Comparative feeding ecology of *Puffinus* (Order Procellariiformes) in the Bay of Fundy. Thèse de maîtrise, Université de Guelph, Guelph (Ont.).

Bent, A.C. 1919. Life histories of North American diving birds. US Natl Mus. Bull. 107 : 239 p.

1921. Life histories of North American gulls and terns. US Natl Mus. Bull. 113 : 337 p.

1927. Life histories of North American shore birds. Partie I. US Natl Mus. Bull. 142 : 420 p.

1937. Life histories of North American birds of prey. Partie I. US Natl Mus. Bull. 167 : 409 p.

Borror, D.J. et W.W.H. Gunn. (Sans date). Warblers, songs of warblers of eastern North America; Finches, songs of Fringillidae of eastern and central North America; Thrushes, wrens and mockingbirds of eastern North America, songs and calls of the families Turdidae, Troglodytidae and Mimidae, vol. 4, 6 et 8. *Dans* Sound of nature. Fed. Ont. Nat., Don Mills (Ont.). (Microsillons).

Bourget, A.A. 1973. Relation of eiders and gulls nesting in mixed colonies in Penobscot Bay, Maine. Auk 90 : 809–820.

Braune, B.M. 1979. Dynamic feeding ecology of migrating populations of Bonaparte's Gulls, Common Terns and Arctic Terns. Thèse de maîtrise, Université de Guelph, Guelph (Ont.).

Brown, R.G.B., D.N. Nettleship, P. Germain, C.E. Tull et T. Davis. 1975. Atlas of eastern Canadian seabirds. Service canadien de la faune, Ottawa (Ont.). 220 p.

Brown, R.G.B., S.P. Barker et D.E. Gaskin. 1979. Daytime surface swarming by *Meganyctiphanes norvegica* (M. Sars.) (Crustacea, Euphausiacea) off Brier Island, Bay of Fundy, Can. Zool. 57 : 2285–2291.

Service canadien de la faune, région de l'Atlantique. 1979. Summary of unpublished surveys of waterfowl and seabirds in Passamaquoddy Region, 1973–79, p. 61–67. *Dans* D.J. Scarratt [éd.]. Evaluation of recent data relative to potential oil spills in the Passamaquoddy area. Fish. Mar. Serv. Tech. Rep. 901 : 107 p.

Cantin, M., J. Bédard et H. Milne. 1974. The food and feeding of common eiders in the St. Lawrence Estuary in summer. Can. J. Zool. 52 : 319–334.

Choate, J.S. 1964. Factors influencing nesting success of eiders in Penobscot Bay, Maine. J. Wildl. Manage. 31 : 769–777.

Christie, D.S. 1971. Seabird observations in the Bay of Fundy between Saint John and Digby, in the Grand Manan Channel and near Deer Island. N.B. Nat. 2 : 33–38.

1978. Finding birds around Saint John. Musée du Nouveau-Brunswick, Saint-Jean (N.-B.). 27 p.

1980. Survey results. Fundy National Park avifaunal survey, final report, vol. II. Musée du Nouveau-Brunswick pour Parcs Canada. MS. 245 p.

Clark, S.H. 1968. The breeding ecology and experimental management of the American eider in Penobscot Bay, Maine. Thèse de maîtrise, University of Maine, Orono, ME. 169 p.

Cramp, S. [Éd.]. 1977. Handbook of the birds of Europe, the Middle East and North Africa : the birds of the western

Palearctic. Vol. I : Ostrich to ducks. Oxford University Press, Oxford, R.-U. 722 p.

DICKSON, J.G. 1978. Comparison of breeding bird census techniques. Am. Birds 32 : 10–13.

EMLEN, J.T. 1971. Population densities of birds derived from transect counts. Auk 88 : 323–341.

ERSKINE, A.J. 1970. Bird migration studies in the Maritimes : a general review. N.S. Bird Soc. Newsl. 12 : 61–70.

1978. The first ten years of the co-operative Breeding Bird Survey in Canada. Can. Wildl. Serv. Rep. Ser. 42 : 59 p.

FINCH, D.W. 1977. Northeastern Maritime region (fall migration 1976). Am. Birds 31 : 225–231.

GASKIN, D.E. ET G.J.D. SMITH. 1970. Observations of marine mammals, birds and environmental conditions in the Head Harbour Passage region of the Bay of Fundy, p. 69–86. *Dans* D.J. Scarratt [éd.]. Evaluation of recent data relative to potential oil spills in the Passamaquoddy area. Fish. Mar. Serv. Tech. Rep. 901 : 107 p.

GODFREY, W.E. 1966. The birds of Canada. Natl Mus. Can. Bull. 203 : 428 p.

GROSS, A.O. 1938. Eider ducks of Kent Island. Auk 55 : 387–400.

1940. Migration of Kent Island herring gulls. Bird-Banding 11 : 129–155.

HICKLIN, P.W. ET P.C. SMITH. 1979. The diets of five species of migrant shorebirds in the Bay of Fundy. Proc. N.S. Inst. Sci. 29 : 483–488.

INTERNATIONAL BIRD CENSUS COMMITTEE. 1970. Recommendations for an international standard for a mapping method in bird census work. Audubon Field Notes 24 : 723–726.

KADLEC, J.A. ET W.H. DRURY. 1968. Structure of the New England herring gull population. Ecol. 49 : 644–676.

KELLOGG, P.P. ET A.A. ALLEN. 1971. Field guide to bird songs. 2e éd. Houghton Mifflin, Boston, MA. (Microsillons).

KOLB, H. 1965. The Audubon winter bird population study. Audubon Field Notes 19 : 432–434.

LOCK, A.R. 1981. A survey of some bird colonies in the Bay of Fundy, June 1979. Can. Wildl. Serv. Rapport inédit.

MACCOUBREY, H.W. ET T. MOFFATT. 1974. Birds of St. Andrews. Checklist folder. Sunbury Shores Art and Nature Centre, St. Andrews (N.-B.).

MACKAY, A.A. ET R.K. BOSIEN. 1979. Examination of food chains leading to major marine bird populations at Point Lepreau, N.B. Rapport final de Marine Research Association au ministère des Pêches et des Océans, 28 février 1979. 109 p.

MENDALL, H.L. 1936. Home-life and economic status of the Double-crested Cormorant. Maine Bull. 39 : 1–159.

MIROT, E.O. 1980. Tidal, diurnal and habitat influences on Common Eider rearing activities. Ornis Scand. 11 : 165–172.

MORRISON, R.I.G. 1976. A preliminary account of shorebird distribution and southward migration. Maritimes shorebird survey 1974, contributors' report. Service canadien de la faune, Ottawa (Ont.). 91 p.

1977. Use of the Bay of Fundy by shorebirds, p. 187–199. *Dans* G.A. Daborn [éd.]. Fundy tidal power and the environment. Acadia Univ. Inst. Publ. no 28.

1978. Maritimes shorebird survey, preliminary report. Service canadien de la faune, Ottawa (Ont.). 26 p.

MORSE, D.H. 1977. The occupation of small islands by passerine birds. Condor 79 : 399–412.

PALMER, R.S. 1949. Maine birds. Mus. Comp. Zool. Bull. 102 : 656 p.

1962. Handbook of North American birds. Vol. I. Loons through flamingos. Yale University Press, New Haven, CT. 567 p.

1967. Species accounts, p. 143–367. *Dans* G.D. Stout [éd.]. The shorebirds of North America. Viking Press, New York, NY.

1976. Handbook of North American birds. Vol. 2, 3. Waterfowl. Yale University Press, New Haven, CT. 521, 560 p.

PAYNTER, R.A., JR. 1949. Clutch size and egg mortality of Kent Island Herring Gulls. Ecol. 30 : 146–166.

1951. Clutch-size and egg mortality of Kent Island eiders. Ecol. 32 : 497–507.

PETERSON, R.T. 1980. A field guide to the birds. 4e éd., revue. Houghton Mifflin, Boston, MA. 384 p.

PETTINGILL, O.S., JR. 1970. A laboratory and field manual of ornithology. 4e éd. Burgess Publishing Co., Minneapolis, MN. 524 p.

PRESTON, W.C. 1968. Breeding ecology and social behaviour of the Black Guillemot (*Cepphus grylle*). Thèse doctorale, University of Michigan, Ann Arbor, MN.

ROBBINS, C.S., B. BRUNN, H.S. ZIM ET A. SINGER. 1966. Birds of North America, a guide to field identification. Golden Press, New York, NY. 340 p.

SQUIRES, W.A. 1976. The birds of New Brunswick. 2e éd., revue. N.B. Mus. Monogr. Ser. 7 : 221 p.

STOCEK, R.F. 1974. The Bald Eagle, Osprey and Peregrine Falcon in the Maritime Provinces. Can. Wildl. Serv. Contract Rep. WE74-75-39. 138 p.

TUFTS, R.W. ET C.W. TOWNSEND. 1924. Note on the cormorant (*Phalacrocorax carbo*). Auk 41 : 150.

WINN, H.L. 1950. The Black Guillemots of Kent Island, Bay of Fundy. Auk 67 : 477–485.

CHAPITRE 15

Amphibiens et reptiles

STANLEY W. GORHAM

Conservateur du Musée des sciences naturelles du Nouveau-Brunswick Saint-Jean (N.-B.)

J. SHERMAN BLEAKNEY

Département de biologie Université Acadia Wolfville (N.-É.)

Introduction

Bien que cet ouvrage soit essentiellement un traité de la mer, l'inclusion d'un chapitre sur les amphibiens et les reptiles de nos côtes est justifiée, ne serait-ce que pour souligner les lacunes dans nos connaissances. Dans la région de la baie de Fundy, aucun relevé n'a encore été fait sur la salinité des habitats côtiers ni aucune étude du contenu stomacal des amphibiens et des reptiles des zones côtières. Rares sont ceux qui savent que les « barachois », aussi bien sur la côte que près des baies abritées, sont des aires de reproduction privilégiées des Anoures au début du printemps. Les auteurs ont observé des grenouilles des bois *Rana sylvatica sylvatica*, des grenouilles-léopards du Nord *Rana pipiens pipiens*, des crapauds d'Amérique *Bufo americanus* et des rainettes crucifères *Hyla crucifer crucifer* dans les « barachois » où poussent des quenouilles et des canneberges et qui sont inondés pendant les grandes marées printanières. Ces habitats côtiers sont essentiellement des marais d'eau douce dans la zone d'embrun ou des mares salées ayant une couche superficielle d'eau douce, bien que certaines espèces marines supralittorales s'y trouvent et puissent servir de nourriture. Même sur le littoral rocheux battu par les vagues, nous avons vu des têtards de crapaud dans les mares les plus hautes de la zone d'embrun où la salinité est probablement faible en raison des pluies et des eaux de ruissellement.

Aucune tortue n'a été observée dans les « barachois ». La couleuvre rayée *Thamnophis sirtalis* omniprésente se nourrit certainement de grenouilles côtières et probablement de poissons marins dans les mares littorales. Cette couleuvre est essentiellement aquatique, c'est pourquoi nous pouvons supposer qu'elle pêche dans les mares comme le fait *T. elegans*, une espèce voisine, en Colombie-Britannique (communication personnelle de F. Cook). Les salamandres sont peut-être plus vulnérables aux changements chimiques des étendues d'eau proches de la côte; néanmoins, la salamandre sombre *Desmognathus fuscus fuscus*, pour laquelle les cours d'eau constituent l'habitat de prédilection, a été signalée à moins de 10 pieds de la côte. De récentes recherches faites dans les Appalaches ont indiqué que les salamandres sont beaucoup plus vulnérables aux pluies acides que les grenouilles et ont peut-être complètement disparu des étangs et des lacs où il reste encore des populations de grenouilles. Il serait donc intéressant de vérifier les effets des pluies acides et des pluies salines le long de la côte de la région de Quoddy. Il faudrait aussi entreprendre une étude des effets du froid hivernal selon les différents ordres. Les larves des grenouilles hibernent et ne sont donc pas touchées par les températures extrêmes, la raréfaction de l'oxygène et les autres stress de l'hiver; les larves de la salamandre, par contre, restent actives en hiver, même sous la glace, et le taux de mortalité peut être élevé à cause de la raréfaction de l'oxygène dans les étangs et des tempêtes, marées et embruns, le long des côtes.

En résumé, il est évident que des amphibiens et des reptiles côtiers occupent des habitats aquatiques sur la côte du Nouveau-Brunswick, mais que ceux-ci sont surtout des étendues d'eau douce ne contenant aucune flore marine. Cependant, ces habitats peuvent être submergés au moment des marées et des tempêtes printanières et sont sans aucun doute arrosés par les embruns.

Principales lacunes à combler

Nous savons vraiment très peu de choses sur la taille et l'activité saisonnière des amphibiens et des reptiles au Nouveau-Brunswick. L'obtention de ces renseignements exige de longues périodes d'observation et des relevés très précis. Les gens qui habitent à proximité d'un étang fréquenté par des grenouilles ou des tortues peuvent nous aider à mieux comprendre la vie des amphibiens et des reptiles dans l'est du Canada en notant les dates de la fin de l'hibernation, celles des périodes de reproduction, la durée de l'état larvaire ou d'incubation des oeufs, la croissance, les migrations d'un étang à l'autre, et en inscrivant la température et les conditions météorologiques correspondantes. Ces renseignements et tout spécimen recueilli doivent être envoyés au Musée du Nouveau-Brunswick à Saint-Jean ou au Musée national des sciences naturelles à Ottawa. La collecte de spécimens en vue de les remettre à des musées agréés est certainement justifiée car il est improbable qu'elle mette en danger une espèce d'amphibiens ou de reptiles, ce qui, par contre, pourrait être le cas si leur habitat était détruit. L'exploitation commerciale n'est pas importante au Nouveau-Brunswick et elle ne devrait pas être autorisée sans mesures de contrôle strictes. Toute information sur la répartition et les fluctuations

des populations d'amphibiens et de reptiles dans le sud-ouest du Nouveau-Brunswick permettra d'accroître nos connaissances sur les habitats et de repérer l'emplacement éventuel de réserves naturelles.

Voici plusieurs phénomènes d'intérêt particulier dont nous connaissons très peu de choses : 1) les nids collectifs des couleuvres à collier *Diadophis punctatus edwardsi*, 2) les congrégations de tortues des bois *Clemmys insculpta* sur les barres de sable, le long des cours d'eau, pendant la saison de ponte, 3) les grands rassemblements printaniers de couleuvres, 4) les populations triploïdes de salamandres à points bleus *Ambystoma laterale*, 5) l'abondance relative des trois variétés de salamandre cendrée *Plethodon cinereus cinereus*, 6) les diverses espèces de l'État du Maine qui n'ont pas encore été trouvées au Nouveau-Brunswick et 7) le taux de survie des jeunes tortues qui passent l'hiver dans le sol gelé.

Méthodes de préservation

Les amphibiens et les reptiles adultes peuvent être facilement tués en les enfermant dans un contenant hermétique avec une ouate imbibée d'éther. Ils peuvent également être tués par congélation et préservés lorsqu'ils dégèlent. Une fois morts ou congelés, ils peuvent être transférés directement dans une solution contenant 10 % de formol. Les têtards et les oeufs de grenouilles ou de reptiles peuvent être mis directement dans une solution contenant 5 % de formol. Les spécimens de couleuvres et de tortues plus grosses doivent être soit éviscérés soit piqués au formol à l'aide d'une grosse seringue de vétérinaire. Tous les spécimens doivent être accompagnés d'une étiquette sur laquelle figurent le jour, le mois et l'année de leur prise et le plus de détails possible sur l'emplacement et l'habitat où ils ont été pris, (p. ex. distance et direction par rapport à la ville la plus proche, latitude, longitude, cartes militaires et topographiques, etc.). Comme ces spécimens baignent dans un liquide, les étiquettes de papier doivent être imperméables et écrites au crayon ou à l'encre indélébile. Les personnes intéressées peuvent obtenir ces étiquettes dans les musées. Il n'est pas nécessaire d'envoyer les spécimens dans des bocaux, il suffit de les envelopper dans du papier mouillé, puis de les mettre dans un sac de plastique étanche.

Répartition

Le nombre d'espèces d'amphibiens et de reptiles dans la région de Quoddy est à peu près le même que dans les autres régions du sud du Nouveau-Brunswick. La seule exception est la rainette versicolore *Hyla versicolor* qui n'a été reconnue avec certitude qu'à Barkers Point, Lower St. Marys, près de Fredericton. Cette espèce est cependant signalée dans la réserve faunique de Moosehorn dans le Maine, à moins de 0,5 km de la frontière avec le Nouveau-Brunswick, et il est donc possible qu'elle existe aussi dans la région de Quoddy, tout comme la couleuvre d'eau *Natrix sipedon sipedon* qui a également été observée dans la réserve de Moosehorn.

Il y a 32 espèces d'amphibiens et de reptiles dans le Maine, dont 9 n'ont jamais été signalées au Nouveau-Brunswick. Les provinces du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse comptent chacune 22 espèces. Trois espèces non observées au Nouveau-Brunswick mais qui se trouvent en Nouvelle-Écosse sont la couleuvre mince *Thamnophis sauturus sauturus*, la tortue de Blanding *Emydoidea blandingii*, et la salamandre à quatre doigts *Hemidactylum scutatum*. Par contre, trois espèces du Nouveau-Brunswick n'ont pas été trouvées en Nouvelle-Écosse : la rainette versicolore *Hyla versicolor*, la salamandre à deux lignes *Eurycea bislineata bislineata*, et la salamandre sombre *Desmognathus fuscus fuscus*.

Dans les îles de la baie de Fundy, il y a un certain nombre d'espèces qui sont communes sur le continent. Le crapaud d'Amérique *Bufo americanus*, la grenouille des bois *Rana sylvatica*, la couleuvre verte *Opheodrys vernalis vernalis* et la couleuvre à ventre rouge *Storeria occipitomaculata occipitomaculata* sont connues dans l'île de Grand Manan mais y ont toutes été introduites (Lorimer, 1876). L'île Deer, qui se trouve beaucoup plus près du continent, a un plus grand nombre d'espèces : la grenouille des marais *Rana palustris*, la grenouille verte *Rana clamitans melanota*, le triton vert *Notophthalmus viridescens viridescens*, la salamandre maculée *Ambystoma maculatum*, la salamandre cendrée *Plethodon cinereus cinereus* (Christie, 1973) et peut-être d'autres encore. L'île Campobello compte probablement un plus grand nombre d'espèces provenant du continent, mais il n'y a aucun spécimen de cette île au Musée du Nouveau-Brunswick, et seulement quelques-uns au Musée national des sciences naturelles à Ottawa. Il faudrait donc entreprendre d'autres recherches.

Méthodes d'observation et de capture des amphibiens et des reptiles

Au début du printemps, dès que la glace des étangs et des mares a fondu mais alors qu'il y a encore de la neige dans les bois, il est possible de repérer les étendues d'eau où les amphibiens se reproduisent en se promenant en voiture sur les routes secondaires le soir et en s'arrêtant périodiquement pour écouter les grenouilles. Les premiers appels sont ceux de la grenouille des bois *Rana sylvatica* et de la rainette crucifère *Hyla crucifer crucifer*; parfois, l'étendue d'eau dans laquelle ces espèces se trouvent sera utilisée successivement par d'autres grenouilles et même des tortues et des couleuvres au cours de l'été. Après avoir repéré ces étangs, il faut inspecter soigneusement le bord de l'eau où les grenouilles et les salamandres pondent leurs oeufs. L'emplacement qu'elles choisissent peut être très limité et difficile à trouver pendant le jour. Toutefois, en allant revoir de jour l'étang repéré la nuit, des indices de l'existence d'autres espèces peuvent être décelés, comme des spermatophores déposés par les mâles de la salamandre maculée *Ambystoma maculatum*. Il peut être utile de retourner la nuit avec une lampe, examiner l'endroit où se trouvent les spermatophores. Ce genre d'étang peut également contenir de gros têtards et des larves de salamandre qui y ont passé l'hiver et qui ont maintenant presque un an.

Les nuits pluvieuses du début du printemps, il est possible de voir le phénomène intéressant de la migration massive des grenouilles et des salamandres vers les sites

de reproduction. La meilleure façon d'observer ce phénomène est encore une fois de se promener en voiture le soir car ces espèces traversent souvent les routes. Il arrive parfois que des couleuvres rayées des Maritimes *Thamnophis sirtalis sirtalis* accompagnent ces proies faciles.

Tandis que la détection des grenouilles et des salamandres se fait principalement la nuit, la recherche des serpents et des tortues est plutôt une activité diurne à entreprendre vers la fin du printemps ou au début de l'été. Les couleuvres sont généralement très difficiles à repérer à moins qu'elles ne se chauffent au soleil sur la route ou sous une planche ou une feuille de papier facile à retourner. Donc pour les observer, on peut poser des planches de contreplaqué ou des bouts de tôle au bord des champs ou des étangs, car les couleuvres recherchent souvent ce genre d'abri pour se chauffer au soleil ou manger les invertébrés qui fourmillent au même endroit. Il est également possible d'installer des barrières-guides et des trappes, mais cela prend beaucoup de temps et exige beaucoup d'entretien. Quant aux tortues, il est indispensable d'avoir des jumelles ou, mieux encore, un télescope pour les repérer. Elles se trouvent souvent dans les baies et les étangs riches en végétation, la tête hors de l'eau parmi les plantes aquatiques, mais sans jumelles, il est presque impossible de les distinguer de la végétation. Il est par contre facile de différencier les espèces de l'est du Canada par la couleur de la tête. On peut améliorer les conditions d'observation en mettant des troncs d'arbre ou de larges planches sur le bord d'un étang où les tortues viendront se chauffer au soleil. Si elles n'ont pas d endroit propice, les tortues se glissent simplement dans les herbes de la rive ou au milieu des quenouilles et deviennent presque introuvables. La présence de tortues peut aussi être décelée par des restes d'oeufs déterrés par les ratons-laveurs. Les plaques de gravier et de sable et même les vieux tas de sciure de bois devraient être examinés attentivement car ils peuvent révéler des nids pillés, et les coquilles d'oeuf doivent être recueillies pour identification. Il vaut souvent la peine de creuser plus profondément à l'endroit du nid car il arrive que les ratons-laveurs n'aient pas vu les oeufs enfouis tout au fond, et les oeufs intacts sont évidemment plus faciles à identifier.

À la fin de l'automne et pendant l'hiver, l'étude et la collecte d'amphibiens et de reptiles peuvent se poursuivre au bord des étangs et des lacs. Les étendues d'eau alimentées par une source, où un grand nombre de ces espèces hibernent, sont souvent d'un grand intérêt. Lorsque l'on creuse dans la vase près des sources ou dans la glace qui couvre les étangs alimentés par une source, on peut trouver des larves et des adultes. Lorsqu'on met des larves de salamandre dans un aquarium dont l'eau est à la température ambiante et qu'on les nourrit de petits vers, elles se transforment quelques semaines plus tard et peuvent alors être facilement catégorisées par espèces. La salamandre maculée *Ambystoma maculatum* et la salamandre à points bleus *Ambystoma laterale* sont les deux seules espèces qui passent l'hiver sous cette forme.

Habitats types et leurs caractéristiques

Voici les espèces que l'on est le plus susceptible de trouver dans certains habitats distincts du sud et de l'ouest du Nouveau-Brunswick. D'autres espèces peuvent être présentes, mais étant donné l'épaisseur de la végétation ou les habitudes de ces animaux fouisseurs, elles sont très difficiles à découvrir.

1) Les premières soirées du printemps, il devrait y avoir dans les fossés profonds le long des routes, près des petites mares et des étangs alimentés continuellement par des sources, des espèces comme la salamandre maculée *Ambystoma maculatum*, la salamandre à points bleus *Ambystoma laterale*, la rainette crucifère *Hyla crucifer crucifer* et la grenouille des bois *Rana sylvatica*. Pendant quelques semaines, il est possible de voir ou d'entendre des centaines d'individus de ces espèces, mais le reste de l'année, en trouver un relève de l'exploit. Plus tard au printemps et au début de l'été, il y aura une série d'autres espèces de grenouilles comme la grenouille-léopard du Nord *Rana pipiens*, la grenouille verte *Rana clamitans melanota* et le crapaud d'Amérique *Bufo americanus* qui fréquenteront ces mêmes étangs. Il peut y avoir aussi divers têtards et larves de salamandres et, assez souvent, des couleuvres rayées des Maritimes *Thamnophis sirtalis pallidula* qui chassent à la périphérie de ces étangs.

2) Les grandes étendues d'eau, les baies des lacs et les grands étangs marécageux qui ont tous une végétation aquatique permanente constituent un habitat de prédilection pour une autre association d'amphibiens et de reptiles. Au début du printemps, on peut y entendre les appels de la grenouille-léopard du Nord *Rana pipiens* et de la grenouille du Nord *Rana septentrionalis* et, quelques semaines plus tard, les choeurs des grenouilles des marais *Rana palustris*, des grenouilles vertes *Rana clamitans melanota* et des ouaouarons *Rana catesbeiana*. Il devrait également y avoir une population permanente de tritons verts adultes *Notophthalmus viridescens viridescens*, observables le jour comme la nuit. Ces zones constituent également le territoire favori de la chélydre serpentine *Chelydra serpentina serpentina* et de la tortue peinte *Chrysemys picta picta*. Encore une fois, la couleuvre rayée des Maritimes *Thamnophis sirtalis pallidula* devrait être présente également. On pourrait s'attendre à voir des couleuvres d'eau *Natrix sipedon sipedon*, mais cette espèce n'a pas encore été signalée au Nouveau-Brunswick. Il existe une certaine confusion car la couleuvre rayée des Maritimes *Thamnophis sirtalis sirtalis* fréquente le littoral et, comme juste avant la mue sa peau est souvent très foncée et ressemble à celle de la couleuvre d'eau, il arrive fréquemment que les gens de l'endroit l'appellent « couleuvre d'eau ».

3) Le long des rives rocheuses et graveleuses des lacs ou même sur les plages pierreuses des lacs d'agrément, on trouve assez souvent des petites grenouilles des marais *Rana palustris*. Quelquefois l'été, on peut entendre l'appel des adultes qui ressemble à un ronflement. Il n'est pas rare non plus de découvrir des grenouilles des marais *Rana palustris* sous les canots ou les barques entreposés sur le bord d'un lac pendant plusieurs jours. Lorsqu'il y a des zones de végétation le long des rives graveleuses ou rocheuses, le promeneur pourra voir un grand nombre de grenouilles se réfugier dans l'eau à son approche. La plupart d'entre elles sont des grenouilles vertes *Rana clamitans melanota*, mais si elles poussent des cris en sautant, ce sont de jeunes ouaouarons *Rana catesbeiana*.

La grenouille du Nord *Rana septentrionalis*, qui si on la dérange émet une odeur d'ail semblable à celle du vison, semble être confinée dans les zones où poussent les nénuphars sur les feuilles desquels elle aime se percher. Cependant, les grenouilles du Nord sont très difficiles à approcher et étaient considérées comme extrêmement rares jusqu'à ce que l'utilisation de nouvelles techniques de capture à la lunette d'approche et au fusil calibre 22 prouve qu'elles sont généralement communes et en réalité très abondantes dans certains secteurs. À de nombreux endroits, la grenouille verte *Rana clamitans melanota*, le ouaouaron *Rana catesbeiana* et la grenouille du Nord *Rana septentrionalis* vivent côte à côte. Le jour, il est facile de les identifier avec un télescope; la nuit, on peut les chasser à la lampe en canots.

4) Les zones herbeuses et humides et les prés constituent un des habitats préférés des grosses grenouilles-léopards du Nord *Rana pipiens* et des grenouilles des marais *Rana palustris*. Un autre de ces habitats est situé dans les régions boisées des Maritimes sur les chemins de bûcherons situés près des lacs et au milieu desquels poussent de hautes herbes; nous avons trouvé dans ce type d'endroit les plus gros spécimens adultes de grenouille-léopard du Nord *Rana pipiens* et de grenouille des marais *Rana palustris*.

5) Dans les herbes et broussailles le long des routes ou des champs, on peut trouver en cherchant avec application des reptiles comme la couleuvre rayée des Maritimes *Thamnophis sirtalis pallidula*, la couleuvre à ventre rouge *Storeria occipitomaculata occipitomaculata*, la couleuvre verte *Opheodrys vernalis vernalis* et la couleuvre à collier *Diadophis punctatus edwardsi*. Les mues de couleuvre abandonnées sur les tas de pierres ou de brindilles sont aussi utiles que la couleuvre entière étant donné qu'elles suffisent pour identifier les espèces.

6) Les forêts mixtes et les forêts de vieux conifères abritent de nombreuses espèces d'amphibiens et de reptiles que l'on trouve dans la mousse et les feuilles mortes ou sous les grosses pierres et les troncs d'arbre pourris. Il y a souvent des couleuvres dans les clairières ensoleillées des forêts et, en se promenant dans le bois un soir de pluie, il n'est pas rare d'apercevoir des grenouilles et des salamandres. Les grenouilles des bois adultes *Rana sylvatica* qui fréquentent cet habitat ont l'habitude intéressante de faire un demi-tour sur elles-mêmes en plein vol lorsqu'elles sautent et ainsi d'atterrir face à leur poursuivant. Lorsque l'on s'avance vers elles, elles bondissent d'un coup entre les jambes ou par-dessus les épaules et disparaissent dans la litière de feuilles avant que l'on ait le temps de se retourner.

Deux espèces de salamandre présentant un certain intérêt peuvent être observées dans les forêts où il y a des litières humides et des arbres morts. La première est le triton rouge qui est en réalité une phase juvénile du triton vert aquatique *Notophthalmus viridescens viridescens*. Ces tritons sont rouge brique avec une peau rugueuse et peuvent passer de 2 à 3 ans sur terre avant de devenir adultes. La deuxième est la salamandre cendrée *Plethodon cinereus cinereus*, dépourvue de poumons, qui est une espèce terrestre et qui pond généralement ses oeufs dans des arbres morts pourris et humides, sous des pierres ou encore sous terre.

7) Les tourbières constituent un habitat courant au Nouveau-Brunswick, et celles qui sont couvertes de sphaignes dont le bord flotte dans des eaux stagnantes ou un étang sont idéales pour une salamandre inhabituelle qui n'a pas encore été découverte au Nouveau-Brunswick bien qu'elle ait souvent été signalée en Nouvelle-Écosse. Il s'agit de la salamandre à quatre doigts qui pond ses oeufs en grappes dans les sphaignes qui surplombent l'eau. Les larves éclosent et tombent dans l'eau où elles continuent à se développer jusqu'à leur métamorphose en automne. On peut voir ces salamandres en retournant les sphaignes au bord de l'eau, particulièrement celles qui recouvrent les troncs d'arbre qui sont à moitié dans l'eau. Il peut y avoir des adultes enroulés autour des grappes d'oeufs pour les protéger. Le dos de l'adulte est du même brun que la sphaigne, mais son ventre est d'un blanc laiteux avec des petites taches noires et facile à voir lorsque l'on retourne cette mousse.

8) Dans les ruisseaux froids et bien oxygénés du Nouveau-Brunswick, il y a deux espèces de salamandres qui n'ont pas été signalées dans les autres provinces de l'Atlantique. Ce sont des salamandres dépourvues de poumons qui peuvent être trouvées dans les ruisseaux ou à leur proximité. La première est la mince salamandre à deux lignes *Eurycea bislineata bislineata* et la seconde, plus robuste, est la salamandre sombre *Desmognathus fuscus fuscus*.

Les lacs Twin près de Waweig, dans le comté de Charlotte, constituent une excellente région pour rassembler une collection et sont facilement accessibles par la route. En plusieurs visites du printemps jusqu'à l'automne, probablement environ 80 % des espèces connues dans cette région peuvent être observées.

Liste commentée des espèces

Amphibiens : Salamandres (Caudata)

SALAMANDRE MACULÉE — *Ambystoma maculatum* (Ambystomatidés) (fig. 1); c'est la plus grosse salamandre trouvée au Nouveau-Brunswick, les femelles atteignant 205 mm (environ 8 pouces); les mâles sont un peu plus petits. Leur dos est noir ardoise avec une rangée de gros points jaunes de chaque côté.

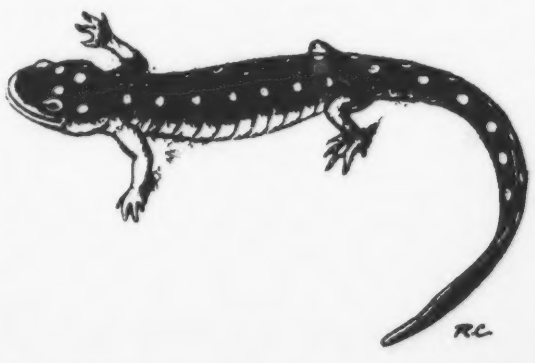


Fig. 1. Salamandre maculée, *Ambystoma maculatum*, × 0,6.

Les animaux des deux sexes se rassemblent dans des fossés et des étangs peu profonds la nuit, au début du printemps, quelquefois au cours de la première semaine d'avril dans la partie méridionale de la province. Les grosses masses d'oeufs fermes sont fixées à des brindilles ou des herbes dans l'eau peu profonde et éclosent environ 4 semaines après la ponte. Habituellement, chaque capsule d'oeuf devient verte par association symbiotique avec les algues tandis que le reste de la masse d'oeufs demeure transparente ou translucide, de sorte que la masse d'oeufs ressemble à un aspic de pois verts. Après l'accouplement, les adultes retournent s'enfouir dans le sol et sont rarement vus le reste de l'année. Les larves de la salamandre peuvent se transformer à tout moment, de la fin du mois de juillet à l'automne. Elles mesurent alors environ 75 mm (3 pouces) et se nourrissent de petits vers et d'insectes. Dans certaines régions de la Nouvelle-Écosse, elles passent généralement l'hiver à l'état de larve et sont actives sous la glace, se transformant seulement le printemps et l'été suivants. Ce phénomène a été signalé pour les populations du Nouveau-Brunswick à Oak Point, dans le comté de Kings.

La salamandre maculée est bien connue et très répandue au Nouveau-Brunswick.

SALAMANDRE À POINTS BLEUS — *Ambystoma laterale* (Ambystomatidés) (fig. 2); elle est plus petite et plus mince que la salamandre maculée, les femelles ayant une longueur maximale de 153 mm (environ 6 pouces) et les mâles un peu moins. Elles sont noir ardoise et sont couvertes de points bleu pâle sur les côtés.

FIG. 2. Salamandre à points bleus, *Ambystoma laterale*, × 0,7.

La salamandre à points bleus pond ses oeufs dans les fossés et les étangs en avril, mais demeure fouisseuse le reste de l'année. Les masses d'oeufs ressemblent à celles de la salamandre maculée mais sont plus petites, comptant en moyenne 16 oeufs comparativement à 100 pour la salamandre maculée.

Chez certaines populations de salamandres à points bleus, comme celles de la vallée inférieure de la rivière Saint-Jean, il existe une forme triploïde; elle est composée presque entièrement de femelles et était auparavant considérée comme une espèce distincte. Cependant, Cook et Gorham (1979), comme Lazzell (1968) et Shultz (1969), estiment que la population triploïde composée de femelles uniquement devrait plutôt être considérée comme une population hybride (Shultz 1969, p. 608).

Des spécimens de salamandres à points bleus ont été recueillis dans la majeure partie des comtés méridionaux et orientaux du Nouveau-Brunswick.

TRITON VERT — *Notophthalmus viridescens viridescens* (Salamandridés) (fig. 3); cette salamandre aquatique mesure de 75 à 102 mm (environ 4 pouces) de long, les femelles étant les plus grosses. Les adultes sont vert olive à verdâtre sur le dessus et ont deux rangées de petits points rouges à bord noir. Pendant la saison d'accouplement, c'est-à-dire en mai et juin, les mâles ont une crête prononcée sur la queue. Cette espèce reste quelquefois active au cours de l'hiver sous la glace des étangs et des lacs.

FIG. 3. Triton vert, *Notophthalmus viridescens*, × 0,6.

Le triton vert a un cycle évolutif intéressant. Les oeufs sont généralement déposés un par un sur des plantes aquatiques et éclosent environ 30 jours après. Les larves se transforment environ 2 mois plus tard en jeunes tritons et quittent l'eau. Ces tritons sont rouge brique et ont une peau rugueuse et sèche comme celle d'un crapaud. Ils peuvent rester sur terre de 1 à 2 ans avant de retourner à l'eau et prendre leur couleur d'adulte.

Le triton vert est très répandu au Nouveau-Brunswick, mais sauf quand il est jeune, on le trouve uniquement dans des étendues d'eau permanentes comme les minuscules étangs en croissant, les marais acides, les étangs gypseux alcalins, les étangs formés dans les carrières ou les gravières, et les grands lacs.

SALAMANDRE SOMBRE — *Desmognathus fuscus fuscus* (Pléthodontidés) (fig. 4); elle mesure entre 102 et 133 mm (environ 4 à 5,5 pouces) de long. La couleur

du dos varie du gris-brun à presque noir tandis que le ventre est quelquefois tacheté de gris et de brun. Les jeunes peuvent être de jaune foncé à brun clair sur le dessus avec de petites taches pâles et une ligne de chaque côté du dos; à ce stade, ils peuvent être pris pour des salamandres à deux lignes, mais se différencient de ces dernières par la ligne pâle très prononcée qui va de l'oeil au coin de la bouche, et par des membres postérieurs plus gros.

Cette salamandre a développé par un processus d'adaptation une mâchoire supérieure articulée, ce qui lui permet de mettre son museau sous les petites pierres et de les soulever pour atteindre les invertébrés qui s'y cachent. On croit que les eaux peu oxygénées des marais de Tantramar ont empêché ces salamandres qui dépendent des cours d'eau de passer en Nouvelle-Écosse.

FIG. 4. Salamandre sombre, *Desmognathus fuscus*, × 0,6.

Les salamandres sombres se trouvent près des sources d'eau ou des ruisseaux froids, sous les pierres ou dans le fond vaseux. En juillet ou en août, les oeufs sont pondus en grappes dans des cavités humides près du bord de l'eau et sont gardés par la femelle. Ces salamandres demeurent actives du début du printemps à la fin de l'automne; en hiver, elles restent dans la vase non gelée du fond des sources et, à l'occasion, on peut en voir au milieu de l'hiver.

L'aire de répartition de la salamandre sombre est la partie méridionale du Nouveau-Brunswick, jusqu'au sud du comté de Carleton et au nord du comté de Westmorland. Cette espèce n'a pas été signalée dans les parties centrale et septentrionale de la province. Elle est très répandue dans la région de Quoddy. Des spécimens ont été recueillis à 10 pieds de la laisse de haute mer près de Bayside.

SALAMANDRE CENDRÉE — *Plethodon cinereus cinereus* (Pléthodontidés) (fig. 5); elle peut atteindre une longueur de près de 128 mm (environ 5 pouces) mais sa longueur moyenne varie entre 77 et 102 mm (environ 3–4 pouces). Bien qu'elle soit appelée salamandre cendrée, elle peut être d'un gris foncé uniforme (phase à dos de plomb) ou rougeâtre (phase à dos rouge, fig. 5). Au Nouveau-Brunswick, c'est la phase à dos rouge qui est la plus répandue. La phase à dos de plomb peut prêter à confusion car elle ressemble à une jeune salamandre à points bleus; cette dernière est cependant plus corpulente, avec des doigts postérieurs plus longs.

FIG. 5. Salamandre cendrée, *Plethodon cinereus*, × 0,9.

La salamandre cendrée est une espèce terrestre qui vit dans des boisés humides. On la trouve le plus souvent sous des écorces, des troncs d'arbres ou des pierres et dans des souches pourries. Elle est active de mai jusqu'au début d'octobre. Les oeufs sont pondus en grappes et pendent à l'intérieur de trous humides dans le bois pourri ou sous des pierres en juillet et en août et sont surveillés par la femelle. Ils éclosent environ 3 semaines plus tard. Les jeunes ne passent pas par le stade larvaire aquatique étant donné que les branchies sont développées dans l'oeuf riche en vitellus. À l'éclosion, les jeunes ont les mêmes forme et couleur que les adultes. Peu après les grands froids d'octobre, ces salamandres s'enfouissent dans la terre pour l'hiver.

La salamandre cendrée est très répandue au Nouveau-Brunswick. Sur la côte atlantique de la Nouvelle-Écosse, cette espèce a été trouvée sous des planches à la laisse de marée haute, là où la côte est bordée de forêts d'épinettes.

SALAMANDRE À QUATRE DOIGTS — *Hemidactylum scutatum* (Pléthodontidés) (fig. 6); petite, elle

FIG. 6. Salamandre à quatre doigts, *Hemidactylum scutatum*, × 0,1.

mesure de 50 à 90 mm approximativement (environ 2–3,5 pouces) de long et a quatre orteils aux pattes postérieures. Son dos est brun à brun rougeâtre et son ventre, blanc avec des taches noires. Elle vit généralement dans les tourbières de sphaigne, mais on peut également la trouver dans les forêts humides de feuillus en altitude.

Aucune salamandre à quatre doigts n'a été signalée au Nouveau-Brunswick, mais étant donné qu'il y en a dans le sud-ouest du Québec et en Nouvelle-Écosse, des recherches plus minutieuses dans les tourbières permettraient sans doute d'en trouver quelques-unes.

SALAMANDRE À DEUX LIGNES — *Eurycea bislineata bislineata* (Pléthodontidés) (fig. 7); elle mesure jusqu'à 100 mm de long (environ 4 pouces). Le dos est brun jaunâtre pâle avec une ligne foncée distincte de chaque côté. Le ventre est jaunâtre.

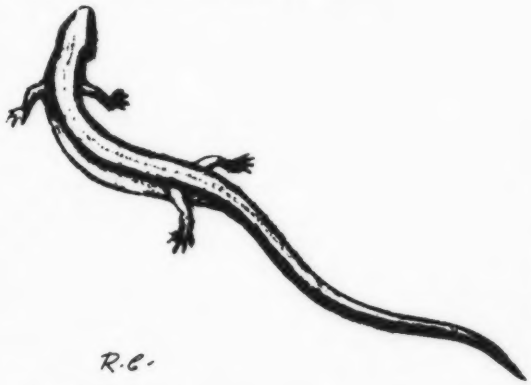


FIG. 7. Salamandre à deux lignes, *Eurycea bislineata*, × 0,1.

La salamandre à deux lignes se trouve dans les ruisseaux et les petits cours d'eau ou à proximité de ceux-ci, sous des pierres ou des morceaux de bois. L'accouplement a lieu de mai à juillet et les oeufs sont fixés sous les pierres, généralement dans de l'eau bien oxygénée. Après l'éclosion, les jeunes restent à l'état larvaire pendant une année ou plus. Ils possèdent des branchies externes et sont strictement aquatiques, et ils passent l'hiver dans des trous d'eau profonds qui ne gèlent pas jusqu'au fond. Les salamandres adultes quittent les cours d'eau à l'automne et hibernent sous une pierre ou dans un trou, près de l'eau.

La salamandre à deux lignes est très répandue au Nouveau-Brunswick et a été signalée dans la plupart des régions constituant un habitat adéquat.

AMPHIBIENS : GRENOUILLES ET CRAPAUDS (SALIENTIA)

CRAPAUD D'AMÉRIQUE — *Bufo americanus* (Bufonidés) (fig. 8); la longueur maximale, tête et corps compris, varie entre environ 65 et 102 mm (environ 2,5–4 pouces). Presque tout le monde connaît le crapaud d'Amérique à la peau rugueuse, aux pattes courtes et au corps trapu, avec ses grosses glandes parotidiennes qui sécrètent un poison, derrière chaque oeil. Les femelles sont plus grosses que les mâles. La couleur varie du brun pâle au brun foncé avec des marques plus pâles et plus foncées sur les côtés et sur le dos, et souvent une ligne blanche sur le dos. Le ventre est pâle avec des taches ou un réseau de barres foncées.

FIG. 8. Crapaud d'Amérique, *Bufo americanus*, × 0,6.

Le crapaud d'Amérique fait son apparition en mai et on peut entendre les trilles retentissants des mâles qui s'élèvent des étangs. Les oeufs sont déposés en deux longs chapelets dans les eaux peu profondes et, si les conditions sont favorables, ils éclosent de 6 à 12 jours plus tard. Les jeunes restent à l'état de têtard pendant environ 60 jours, puis se transforment en petits crapauds de 6 à 12 mm de long (environ 0,25–0,5 pouce). Le crapaud d'Amérique est un animal utile car il se nourrit d'un grand nombre d'insectes nuisibles pour l'agriculture, mais il mange également des vers de terre et des insectes utiles, comme les scarabées et les fourmis. Il hiberne dans des endroits secs comme les flancs de collines où le gel ne pénètre pas en profondeur.

Le crapaud d'Amérique est très répandu au Nouveau-Brunswick et est bien connu dans la région de Quoddy.

RAINETTE CRUCIFÈRE — *Hyla crucifer crucifer* (Hylidés) (fig. 9); la plus petite des espèces de grenouilles trouvées au Nouveau-Brunswick, elle mesure de 25 à 32 mm (environ 1 à 1,25 pouce), les femelles étant généralement plus grosses que les mâles. Elle est brun ou gris brunâtre avec une marque foncée en forme de X dans le dos. Un coussinet élargi au bout de chaque orteil lui permet de grimper facilement aux arbres. Ces petits coussinets adhésifs et sa petite taille la différencient des autres espèces, à l'exception des jeunes rainettes versicolores. Ces dernières sont toutefois généralement vertes lorsqu'elles sont jeunes.

La rainette crucifère fait son apparition au début d'avril. Il est surprenant de voir qu'une si petite grenouille a une voix si puissante; certains soirs, on peut entendre des choeurs de 100 rainettes et plus. Les oeufs sont déposés un à un au fond des étangs ou des fossés, généralement sur la végétation, et ils éclosent rapidement. Les têtards se transforment environ 3 mois plus tard et mesurent alors

FIG. 9. Rainette crucifère, *Hyla crucifer*, × 0,1.

approximativement 12 mm (0,5 pouce) de long. Lorsque la saison d'accouplement prend fin en juin, les adultes quittent l'eau et retournent vivre dans les arbrisseaux ou les arbres où ils se nourrissent principalement de mouches ou d'autres petits insectes ailés. À l'occasion, juste avant les averses d'été ou au cours des chaudes journées d'automne, on peut les entendre lancer leurs « pe-ip, pe-ip, pe-ip » volubiles et sonores du haut des arbres. En hiver, ces rainettes hibernent sous les troncs d'arbres, dans des trous creusés dans le sol ou au fond des étangs.

La rainette crucifère est répandue au Nouveau-Brunswick et bien connue dans les terres intérieures de la région de Quoddy.

RAINETTE VERSICOLORE — *Hyla versicolor* (Hylidés) (fig. 10); elle mesure de 40 à 58 mm (environ 1,5–2,25 pouces) de long, les femelles étant plus grosses que les mâles. Comme leur nom l'indique, ces grenouilles peuvent changer de couleur apparemment pour se fondre dans le paysage. La couleur du dos varie du gris au brun grisâtre ou vert avec des marques foncées. Le ventre est pâle avec un peu de jaune ou d'orange sur la partie interne des pattes arrières et sur le côté du corps, visible seulement lorsque la rainette saute. La peau est rugueuse. Les grands coussinets adhésifs au bout de chaque orteil différencient cette espèce de toutes les autres grenouilles du Nouveau-Brunswick, à l'exception de la rainette crucifère qui est beaucoup plus petite. Ces deux rainettes s'apparentent plus aux crapauds qu'aux grenouilles.

La rainette versicolore ne s'accouple qu'à la fin du mois de mai et ses appels peuvent être entendus jusqu'en juillet. Cet appel est un trille qui ressemble au son de la flûte et se distingue très nettement de celui de toutes les autres espèces d'amphibiens du Nouveau-Brunswick. Les oeufs sont pondus dans des étangs et éclosent environ 1 semaine plus tard. Le têtard, qui se transforme après environ 2 mois, mesure de 14 à 25 mm (environ 0,5 à 1 po) de long. La rainette versicolore particulièrement agile pour attraper les mouches, se nourrit principalement d'insectes ailés et passe une grande partie du temps dans les arbres.

FIG. 10. Rainette versicolore, *Hyla versicolor*, × 0,1.

La rainette versicolore occupe un territoire restreint au Nouveau-Brunswick, à l'embouchure de la rivière Nashwaak et dans les environs de Lower St. Marys, près de Fredericton. Cependant, elle est signalée dans la réserve faunique de Moosehorn près de Calais dans le Maine et à Vanceboro, également dans le Maine. Il se peut qu'elle vive également à quelques endroits isolés dans les zones intérieures de la région de Quoddy.

OUAOUARON — *Rana catesbeiana* (Ranidés) (fig. 11); c'est la plus grosse des grenouilles du Nouveau-Brunswick; les adultes mesurent de 100 à 150 mm (environ 4 à 6 po) de long, les femelles étant un peu plus grosses que les mâles. Ils n'ont pas de plis de chaque côté du dos comme les autres ranidés du Nouveau-Brunswick et leurs pieds sont palmés jusqu'au bout des orteils.

FIG. 11. Ouaouaron, *Rana catesbeiana*, × 0,4.

Bien que l'on puisse observer les ouaouarons vers la fin avril, ils ne commencent pas à lancer leurs appels et à s'accoupler avant la fin juin ou début juillet. Ils émettent un profond « or-woun » retentissant et on peut entendre les mâles au cours des chaudes soirées d'été. Les oeufs pondus forment une fine couche flottant à la surface de l'eau. À notre latitude, les têtards peuvent ne pas se transformer avant trois ans et leur longueur totale peut alors atteindre 100 à 150 mm (environ 4 à 6 po). Bien que les ouaouarons vivent essentiellement près des étangs et des lacs permanents, on peut en trouver dans des endroits humides assez loin de l'eau. Le ouaouaron se nourrit de tout ce qui bouge, y compris des ouaouarons, d'autres grenouilles, des têtards, des salamandres, de petites couleuvres, des tortues, des souris, des oiseaux ainsi que des insectes et des vers de terre.

Le ouaouaron vit dans le sud, l'ouest et le nord du Nouveau-Brunswick et est connu à l'intérieur des terres de la région de Quoddy.

GRENOUILLE VERTE — *Rana clamitans melanota* (Ranidés) (fig. 12); c'est la grenouille commune des fossés, des étangs, des bords de lac, des rivières et des ruisseaux; les adultes mesurent de 50 à 100 mm (environ 2 à 4 po) de long. Elle est habituellement brun vert, avec une ligne vert vif sur la mâchoire supérieure. La gorge du mâle est jaune et celle de la femelle blanche. Elle a des plis dorsolatéraux étroits, ce qui la différencie des ouaouarons. Elle ressemble à la grenouille du Nord, mais la grenouille verte a une série de barres transversales foncées sur les pattes tandis que la grenouille du Nord a des taches allongées denses ou clairsemées qui sont parallèles à l'axe des pattes.

FIG. 12. Grenouille verte, *Rana clamitans melanota*, × 0,5.

La saison d'accouplement de la grenouille verte va de la fin mai jusqu'en août. L'appel du mâle ressemble au son du banjo. Les masses d'oeufs sont fixées à la végétation dans l'eau stagnante et éclosent environ 2 à 4 semaines plus tard. Le têtard hiberne et, selon la date de l'éclosion, se transforme l'été suivant, entre avril et septembre. Après la transformation, la jeune grenouille mesure environ 25 mm (environ 1 po).

La grenouille verte est l'un des amphibiens les plus répandus au Nouveau-Brunswick.

GRENOUILLE DU NORD — *Rana septentrionalis* (Ranidés) (fig. 13); de taille moyenne, elle mesure 50 à 75 mm (environ 2 à 3 po). Généralement de couleur verdâtre à olive brunâtre, elle a des taches foncées sur le dos et le ventre. Les plis dorsolatéraux sont peu développés et peuvent même être incomplets et à peine visibles. Les membres postérieurs sont couverts de taches denses ou clairsemées qui la distinguent des grenouilles vertes de même taille dont les pattes postérieures sont couvertes de barres transversales très nettes. L'odeur qu'elle dégage lorsqu'on l'attrape rappelle celle du vison.

FIG. 13. Grenouille du Nord, *Rana septentrionalis*, × 0,6.

Les habitudes de reproduction de la grenouille du Nord au Nouveau-Brunswick sont mal connues, mais il semble qu'elle ne s'accouple pas avant la fin mai ou le mois de juin. Le têtard hiberne et, à la transformation en juillet ou août de l'année suivante, il mesure environ 38 mm (environ 1,5 po). Nous n'avons que très peu de données sur les habitudes alimentaires de cette espèce au Nouveau-Brunswick, mais elle est insectivore comme les autres grenouilles.

Des spécimens de grenouille du Nord ont été pris dans la plupart des comtés du sud et du centre ainsi que du nord-ouest du Nouveau-Brusnwick. Cette grenouille est répandue dans les lacs Twin près de Waweig dans le comté de Charlotte, mais ne semble pas fréquenter beaucoup d'autres étangs et lacs qui constituent pourtant un habitat approprié.

GRENOUILLE DES BOIS — *Rana sylvatica* (Ranidés) (fig 14); de taille moyenne, elle mesure de 35 à 83 mm (environ 1 à 3,33 po), les femelles étant plus grosses que les mâles. Le dos est brun rouge pâle à brun foncé et le ventre, blanc; les femelles ont généralement une teinte brun plus pâle ou très rougeâtre. Ces grenouilles ont un masque brun foncé de chaque côté de la tête et un pli dorsolatéral proéminent.

La grenouille des bois est l'une des premières à lancer son appel au printemps, qui ressemble au « couac » des canards et que l'on entend de la mi-avril au début mai dans les étangs, les fossés, les tourbières et les lacs. La saison d'accouplement ne dure que quelques semaines et

FIG. 14. Grenouille des bois, *Rana sylvatica*, × 0,8.

les adultes retournent ensuite dans les régions boisées. Les oeufs forment une masse ronde foncée généralement fixée à des herbes ou autre végétation dans des eaux peu profondes et l'incubation est d'environ 2 semaines. Ces grenouilles restent à l'état de têtard environ 60 jours, puis se transforment en grenouilles dont la taille varie de 18 à 25 mm (0,75 à 1 po). Elles hibernent sur terre.

La grenouille des bois est très répandue au Nouveau-Brunswick et on peut la trouver dans tous les comtés. Elle est commune dans les terres intérieures de la région de Quoddy, mais il est extrêmement rare d'apercevoir un adulte après la saison d'accouplement.

GRENOUILLE-LÉOPARD DU NORD — *Rana pipiens* (Ranidés) (fig. 15); grenouille tachetée commune, elle mesure entre 77 et 100 mm (environ 3–4 po) de long. En général, elle est verte ou brune sur le dessus et blanche en-dessous. Elle a des taches rondes brun foncé à bordure pâle sur le dos. Les plis dorsolatéraux sont très évidents.

FIG. 15. Grenouille-léopard du Nord, *Rana pipiens*, × 0,7.

La grenouille-léopard du Nord finit d'hiberner vers la fin avril ou au début mai et, à certains endroits, d'importants groupes de ces grenouilles se dirigeant vers les étangs d'accouplement ont été observés. Lors de cette migration qui a généralement lieu au cours d'une nuit pluvieuse, il arrive que des centaines de grenouilles soient tuées par les voitures sur les grandes routes. L'appel d'accouplement du mâle est un ronflement guttural généralement répété cinq fois. Les oeufs sont déposés en masses oblongues dans des eaux peu profondes. Après l'éclosion et un stade de têtard d'environ 60 jours, les jeunes grenouilles mesurent approximativement 25 mm (environ 1 po) de long. Après la saison d'accouplement vers la fin de mai ou en juin, les adultes quittent les étangs et retournent à leur vie terrestre dans les régions herbeuses humides. Ces grenouilles hibernent dans les étangs ou à proximité ainsi que dans des endroits humides sur terre.

La grenouille-léopard du Nord se trouve dans les zones herbeuses et cultivées de tout le Nouveau-Brunswick. Elle est bien connue dans la région de Quoddy.

GRENOUILLE DES MARAIS — *Rana palustris* (Ranidés) (fig. 16); grenouille commune des marais, des étangs marécageux et des lacs, elle mesure entre 50 et 75 mm (environ 2 et 3 po) de long. Elle a des rangées de taches brun foncé carrées ou rectangulaires et sa couleur générale est bronze doré. Le dessous des membres postérieurs est orange ou jaune, ce qui aide à la différencier des autres espèces semblables, à l'exception des jeunes nouvellement transformés sur lesquels cette teinte est absente ou très peu prononcée.

FIG. 16. Grenouille des marais, *Rana palustris*, × 0,7.

La grenouille des marais s'accouple vers la fin d'avril et en mai. Son cri est semblable à celui de la grenouille-léopard du Nord mais plus prononcé et plus grave. Les oeufs sont pondus en eau peu profonde et les têtards se transforment environ 2,5 mois après l'éclosion. Les jeunes grenouilles nouvellement transformées mesurent de 20 à 25 mm (environ 0,75 à 1 po) de long. Les adultes quittent l'eau après l'accouplement et retournent dans les

ravines rocheuses humides, les bords de lacs rocheux et les régions herbeuses.

La grenouille des marais est très répandue dans les habitats appropriés du Nouveau-Brunswick.

Reptiles : Tortues (Testudinidés)

CHÉLYDRE SERPENTINE — *Chelydra serpentina serpentina* (Chélydridés) (fig. 17); c'est la plus grosse tortue d'eau douce du Nouveau-Brunswick. Sa carapace peut atteindre 260 mm (environ 18 po) et sa longueur totale deux fois plus car elle a un long cou et une queue tout aussi longue; certains spécimens pèsent 18 kg (environ 30 livres). Le dessus de la chélydre serpentine est gris-brun foncé et il est possible que des algues poussent sur la carapace. Cette espèce a un plus petit plastron que la plupart des autres tortues et sa grande taille et ses grosses pattes musclées, son cou et sa queue en font un animal recherché pour sa chair. Dans certaines régions de l'Amérique du Nord, y compris en Ontario, elle est capturée et vendue aux restaurants, mais la plupart des chélydres prises en Ontario sont exportées aux États-Unis. Elle est particulièrement vorace et peut infliger de sévères morsures. Elle se distingue de la tortue peinte et de la tortue des bois par la crête en dents de scie très visible le long de sa queue. La seule façon sûre de la capturer est de la prendre par la queue ou par le bas de sa carapace. Les chélydres serpentines vivent dans les étangs d'eau douce permanents, les lacs et rivières où elles se nourrissent de poissons, de grenouilles, d'oiseaux, de plantes et particulièrement de cadavres.

Fig. 17. Chélydre serpentine, *Chelydra serpentina*, × 0,1.

La chélydre serpentine est connue dans la région de Quoddy dans le réseau des rivières Digdeguash et Magaguadavic. Un spécimen pris à Pocologon fait partie de la collection du Musée du Nouveau-Brunswick. Cette espèce de tortue est signalée dans les comtés du sud et du nord-ouest du Nouveau-Brunswick, mais n'est pas très répandue.

TORTUE DES BOIS — *Clemmys insculpta* (Émydidés) (fig. 18); c'est probablement la tortue la plus répandue au Nouveau-Brunswick. Sa carapace peut atteindre 230 mm (environ 9 po) de long. Son apparence rugueuse caractéristique est due aux anneaux de croissance annuelle proéminents sur chaque écaille. Son ventre est jaunâtre avec des marques foncées, et le cou et les pattes des adultes sont orange ou rouge brique.

Fig. 18. Tortue des bois, *Clemmys insculpta*, × 0,2.

La tortue des bois vit souvent sur terre et peut se trouver dans les bois assez loin d'une étendue d'eau. Elle pond ses oeufs en été, généralement dans des endroits sableux près de l'eau. Tandis que la chélydre serpentine et la tortue peinte s'alimentent sous l'eau, la tortue des bois est parfaitement capable de se nourrir sur terre de toutes sortes d'animaux et de plantes, y compris les vers de terre et les fruits sauvages. L'hiver, elle hiberne, parfois dans le terrier d'un rat musqué, et quelques-unes ont été prises au Nouveau-Brunswick dans des pièges à vison le long des ruisseaux en janvier, ce qui indique que certaines de ces tortues se déplacent pendant les périodes de dégel.

La tortue des bois *Clemmys insculpta* est semi-terrestre et semble avoir un habitat particulièrement restreint, limité aux cours d'eau et aux rivières coulant dans des dépôts morainiques. Elle maintient son territoire le long de ces rivières et on rapporte que certaines d'entre elles viennent se chauffer au soleil au même endroit d'année en année. Le long de la rivière Philip près d'Oxford en Nouvelle-Écosse, ces tortues montent et descendent la rivière pour se rassembler sur les plus grandes barres de sable dans les méandres de la rivière. C'est là qu'elles font leur nid en communauté, en si grand nombre qu'elles déterrent les oeufs des autres tortues en cherchant d'autres sites pour leur nid. La tortue des bois est très répandue au Nouveau-Brunswick, mais il y a très peu de données sur son cycle évolutif dans cette province. Elle se trace des sentiers dans les prés et les boisés adjacents aux rivières, qui ressemblent à ceux des rats musqués ou des lièvres, et c'est à de tels endroits que nous avons trouvé de jeunes spécimens en Nouvelle-Écosse. Contrairement aux autres tortues qui aiment se chauffer au soleil, cette espèce semble plus active tôt le matin, particulièrement les jours pluvieux ou pendant les orages d'été, ce qui expliquerait pourquoi on en voit si peu, car en général, l'observation des tortues ne se pratique pas sous la pluie. En fait, il se peut que ces animaux soient crépusculaires et plus actifs le soir ou tôt le matin, et peut-être même la nuit. Certaines hibernent dans des terriers de rats musqués et, à l'occasion, des trappeurs de rats musqués en trouvent dans leurs pièges.

La tortue des bois trouve l'habitat qui lui convient dans la majeure partie du Nouveau-Brunswick et est connue dans les terres intérieures de la région de Quoddy près des rivières Digdeguash et Magaguadavic.

TORTUE PEINTE — *Chrysemys picta picta* (Émydidés) (fig. 19); c'est une jolie petite tortue dont la carapace lisse et foncée d'une longueur de 100 à 180 mm (environ 4 à 7 po) est agrémentée d'écailles marginales rouges et noires. Son plastron est jaune pâle, sa tête et son cou sont rayés de noir, de jaune et de rouge.

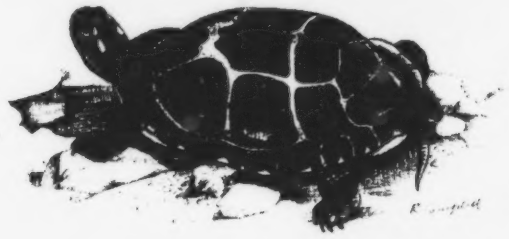


FIG. 19. Tortue peinte, *Chrysemys picta*, × 0,2.

Comme la chélydre serpentine, la tortue peinte est limitée aux étangs permanents, aux lacs et aux rivières où elle se nourrit d'insectes et de plantes aquatiques. Elle pond ses oeufs vers la fin de juin, en juillet et au début d'août, généralement sur une barre de sable, la plage, le bord d'une route ou un barrage en terre.

La tortue peinte vit surtout dans la région du lac Grand au Nouveau-Brunswick. Elle a été signalée dans les bassins des rivières Digdeguash et Magaguadavic, mais elle n'est pas une espèce commune dans la région de Quoddy. Un spécimen du lac Magaguadavic fait partie de la collection du Musée du Nouveau-Brunswick.

TORTUES DE MER — En de rares occasions au cours des mois d'été, la tortue-luth *Dermochelys coriacea coriacea* (Dermochélyidés) (fig. 20) a été signalée l'été au large de la côte du Nouveau-Brunswick. Un spécimen a été capturé dans le détroit de Northumberland près de Shemogue en septembre 1964, un autre près du cap Bald, dans le comté de Westmorland en octobre 1964, et un autre de grosse taille près d'Escuminac en juillet 1969.

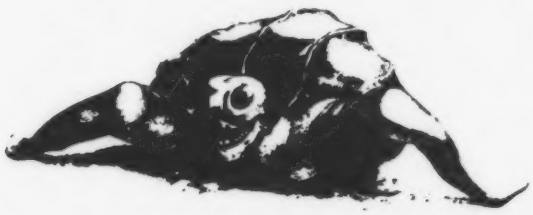


FIG. 20. Tortue-luth, *Dermochelys coriacea*, × 0,1.

En juillet 1969, un spécimen partiellement décomposé de tortue caouanne *Caretta caretta caretta* (Chélonidés) a été rejeté sur la côte à Chance Harbour dans le comté de Saint-Jean.

Il est possible que la tortue de Ridley *Lepidochelys kempi* (Chélonidés) signalée en Nouvelle-Écosse se trouve également dans les eaux du Nouveau-Brunswick, mais aucun spécimen n'a encore été capturé.

REPTILES : SERPENTS — COULEUVRES

COULEUVRE D'EAU — *Natrix sipedon sipedon* (Colubridés) (fig. 21); elle mesure de 610 à 1200 mm (environ 2 à 4 pi) et est trapue, particulièrement la femelle. La couleur du dos varie du gris au brun foncé avec des marques ou des bandes allant du brun rougeâtre au noir. Le ventre est pâle avec des taches noires et rougeâtres. Certains spécimens semblent être uniformément brun foncé ou noirs. La couleuvre d'eau a des écailles dorsales carénées et une plaque anale séparée en deux. Elle vit dans les étangs et les lacs ou à proximité, est bonne nageuse et se nourrit d'amphibiens, de poissons et d'invertébrés.

FIG. 21. Couleuvre d'eau, *Natrix sipedon*, × 0,2.

Aucune couleuvre d'eau n'a encore été signalée au Nouveau-Brunswick; cependant, des spécimens ont été capturés dans la réserve faunique de Moosehorn près de Calais (Maine), à moins de 0,5 km de la frontière du Nouveau-Brunswick. Cette espèce pourrait donc se trouver dans le sud de la région de Quoddy.

COULEUVRE À VENTRE ROUGE — *Storeria occipitomaculata occipitomaculata* (Colubridés) (fig. 22); petite, elle ne dépasse pas 305 mm (12 po) de long. C'est la seule espèce à ventre rougeâtre, variant du rouge foncé au rouge pâle, que l'on trouve au Nouveau-Brunswick. La couleur de son dos peut varier de brun foncé à brun pâle. Elle a généralement trois petits points pâles derrière le cou.

La couleuvre à ventre rouge se trouve généralement sous les pierres et les troncs d'arbre au printemps, peu après la fonte des neiges. Les jeunes, jusqu'à 20 ou plus, naissent vers la fin de juillet, en août ou au début de septembre, mesurant de 65 à 100 mm (2,5 à 4 po) de long. Cette espèce se nourrit de vers de terre et d'insectes. La couleuvre à ventre rouge hiberne dans divers endroits secs : des trous dans le sol, des tas de pierres, et également sur des saillies rocheuses brisées. On en a observé quelques-unes tard en automne.

La couleuvre à ventre rouge est répandue au Nouveau-Brunswick et bien connue dans la région de Quoddy.

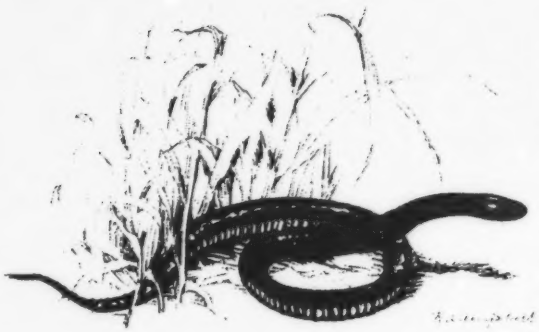


FIG. 22. Couleuvre à ventre rouge, *Storeria occipitomaculata*, × 0,4.

COULEUVRE RAYÉE — *Thamnophis sirtalis pallidula* (Colubridés) (fig. 23); espèce commune du Nouveau-Brunswick, elle mesure au maximum 1 200 mm (environ 4 pi) mais ne dépasse généralement pas 910 mm (3 pi). La couleur du dos est très variable : vert grisâtre, brun verdâtre, brun rougeâtre ou brun foncé avec des taches brunâtres plus sombres; certains spécimens ont des rayures pâles très visibles le long du dos et de chaque côté. Le ventre est vert terne ou jaune.

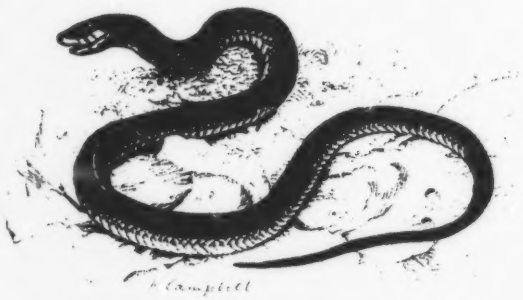


FIG. 23. Couleuvre rayée, *Thamnophis sirtalis*, × 0,3.

La couleuvre rayée sort d'hibernation tôt au printemps et vit dans une grande variété d'habitats, quelquefois dans des zones humides autour des étangs et quelquefois sur les pentes arides. Elle se nourrit de grenouilles, de crapauds, d'insectes et, à l'occasion, de jeunes souris. Les jeunes naissent vers la fin de juillet, en août ou en septembre, mesurant de 128 à 205 mm (environ 5 à 8 po) de long. La couleuvre rayée a généralement une portée de 30, mais on a observé des portées de 78. Elle commence à hiberner à la fin de l'automne sous des pierres, des saillies rocheuses et à d'autres endroits secs où le gel ne pénètre pas.

La couleuvre rayée des Maritimes est très répandue au Nouveau-Brunswick, y compris dans la région de Quoddy.

COULEUVRE À COLLIER — *Diadophis punctatus edwardsi* (Colubridés) (fig. 24); elle mesure de 255 à 510 mm (environ 10 à 20 po). C'est la seule espèce de couleuvre du Nouveau-Brunswick qui a une bande jaune autour du cou et un ventre jaune pâle; son dos est noir bleuâtre ou ardoisé.

FIG. 24. Couleuvre à collier, *Diadophis punctatus*, × 0,2.

La couleuvre à collier sort d'hibernation au début du printemps et fréquente des endroits boisés secs à humides. Elle pond des oeufs qui éclosent rapidement, quelquefois en seulement 10 jours, car ils sont déjà bien développés avant la ponte. Des jeunes ont été capturés vers la fin de juillet, en août et en septembre et mesurent environ 100 à 125 mm (environ 4 à 5 po) de long. Cette espèce se nourrit d'insectes, de vers de terre et de petites salamandres.

La couleuvre à collier est très discrète mais elle est probablement très répandue au Nouveau-Brunswick. Des spécimens ont été capturés dans les comtés méridionaux d'Albert, de Kings et de Saint-Jean et il ne fait aucun doute qu'elle vit aussi dans la région de Quoddy.

COULEUVRE VERTE — *Opheodrys vernalis vernalis* (Colubridés) (fig. 25); elle mesure de 305 à 510 mm (environ 12 à 20 po). C'est la seule espèce de couleuvre à dos vert pâle et à ventre vert blanchâtre ou jaunâtre du Nouveau-Brunswick.

FIG. 25. Couleuvre verte, *Opheodrys vernalis*, × 0,4.

La couleuvre verte sort généralement d'hibernation plus tard que les autres couleuvres. Elle se trouve dans les prairies, près des tas de pierres et sous les troncs d'arbre. Étant donné qu'elle se nourrit principalement d'insectes, elle est très utile à l'agriculteur. Elle pond ses oeufs à la fin juillet et en août, dans des endroits humides sous des pierres ou du bois. Les oeufs (dont le développement est déjà avancé à la ponte) éclosent en 3 à 4 semaines, les jeunes étant grisâtres ou gris olive et mesurant 105 à 115 mm (environ 4 à 4,5 po) de long. La couleuvre verte commence à hiberner au début de l'automne, seule ou en groupe. On a déjà observé dans les premiers jours de novembre un groupe d'au moins 70 couleuvres dans un trou creusé sous une souche.

La couleuvre verte est probablement très répandue au Nouveau-Brunswick bien qu'elle n'ait été signalée que dans les comtés du sud et du centre de la province. Elle a été observée dans la région de Quoddy près de St. Andrews.

Liste des amphibiens et des reptiles du Maine, du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse

	Maine	N.-B.	N.-É.
Salamandre maculée *Ambystoma maculatum*	✓	✓	✓
Salamandre à points bleus *Ambystoma laterale*	✓	✓	✓
Triton vert *Notophthalmus viridescens viridescens*	✓	✓	✓
Salamandre sombre *Desmognathus fuscus fuscus*	✓	✓	
Salamandre cendrée *Plethodon cinereus cinereus*	✓	✓	✓
Salamandre à quatre doigts *Hemidactylum scutatum*	✓		✓
Salamandre des sources *Gyrinophillus prophyriticus*	✓		
Salamandre à deux lignes *Eurycea bislineata bislineata*	✓	✓	
Crapaud d'Amérique *Bufo americanus*	✓	✓	✓
Rainette crucifère *Hyla crucifer crucifer*	✓	✓	✓
Rainette versicolore *Hyla versicolor*	✓	✓	
Ouaouaron *Rana catesbeiana*	✓	✓	✓
Grenouille verte *Rana clamitans melanota*	✓	✓	✓
Grenouille du Nord *Rana septentrionalis*	✓	✓	✓
Grenouille des bois *Rana sylvatica*	✓	✓	✓
Grenouille-léopard du Nord *Rana pipiens*	✓	✓	✓
Grenouille des marais *Rana palustris*	✓	✓	✓
Chélydre serpentine *Chelydra serpentina serpentina*	✓	✓	✓
Tortue ponctuée *Clemmys guttata*	✓		
Tortue des bois *Clemmys insculpta*	✓	✓	✓
Tortue peinte *Chrysemys picta picta*	✓	✓	✓
Tortue de Blanding *Emydoidea blandingi*	✓		✓
Tortue Caouanne *Caretta caretta caretta*	?	✓	✓
Tortue de Ridley *Lepidochelys kempi*	?		✓
Tortue-luth de l'Atlantique *Dermochelys coriacea coriacea*	✓	✓	✓
Couleuvre d'eau *Natrix sipedon sipedon*	✓		
Couleuvre brune *Storeria dekayi dekayi*	✓		
Couleuvre à ventre rouge *Storeria occipitomaculata*	✓	✓	✓
Couleuvre rayée *Thamnophis sirtalis pallidula*	✓	✓	✓
Couleuvre mince *Thamnophis sauritus sauritus*	✓		✓
Couleuvre à collier *Diadophis punctatus edwardsi*	✓	✓	✓
Couleuvre agile *Coluber constrictor*	✓		
Couleuvre verte *Opheodrys vernalis vernalis*	✓	✓	✓
Couleuvre tachetée *Lampropeltis triangulum*	✓		

Remerciements

Nous remercions M^me^ Rosamond Campbell, anciennement du Musée du Nouveau-Brunswick, pour les illustrations, et les autorités du Musée du Nouveau-Brunswick qui nous ont permis de les reproduire. Nous tenons également à remercier D^r^ Francis R. Cook, conservateur à la Section de l'herpétologie du Musée national des sciences naturelles à Ottawa, qui a bien voulu lire et commenter le manuscrit, ainsi que D^r^ Frederick W. Schueler, du Musée national des sciences naturelles d'Ottawa, qui nous a fourni la liste des spécimens capturés sur l'île Campobello. Enfin, nous désirons exprimer notre gratitude à beaucoup d'autres personnes, trop nombreuses pour pouvoir toutes être nommées.

Bibliographie

OUVRAGES DE RÉFÉRENCES GÉNÉRAUX POUR L'AMÉRIQUE DU NORD

BISHOP, S.C. 1943. Handbook of salamanders. Comstock, Ithaca, NY. 555 p.

CONANT, R. 1975. A field guide to reptiles and amphibians of eastern and central North America. 2^e^ éd. Houghton Mifflin, Boston, MA. 429 p.

CARR, A. 1952. Handbook of turtles. The turtles of the United States, Canada and Baja California. Comstock, Ithaca, NY. 542 p.

WRIGHT, A.H. ET A.A. WRIGHT. 1949. Handbook of frogs and toads of the United States and Canada. 3^e^ éd. Comstock, Ithaca, NY. 640 p.

1957. Handbook of snakes of the United States and Canada. 1^re^ éd. Comstock, Ithaca, NY. 3 vol. 1005 p.

OUVRAGES SE RAPPORTANT À L'EST DU CANADA

ALTIG, R. 1970. A key to the tadpoles of the continental United States and Canada. Herpetologica 26 : 180–207.

BLEAKNEY, J.S. 1952. The amphibians and reptiles of Nova Scotia. Can. Field-Nat. 68 : 165–171.

1958. A zoogeographical study of the amphibians and reptiles of Eastern Canada. Natl Mus. Can. Bull. 155 : 119 p.

1965. Reports of marine turtles from New England and eastern Canada. Can. Field-Nat. 79 : 120–128.

COOK, F.R. 1967. An analysis of the Herpetofauna of Prince Edward Island. Natl Mus. Can. Bull. 212 : 60 p.

1970. Rare or endangered Canadian amphibians and reptiles. Can. Field-Nat. 84 : 9–16.

GILHEN, J. 1966. Tips on turtles. Nova Scotia Museum, Halifax (N.-É.). 6 p.

1974. Distribution, natural history and morphology of the Blue-spotted Salamanders, *Ambystoma laterale* and *A. tremblayi* in Nova Scotia. Nova Scotia Mus. Curatorial Rep. 22 : 38 p.

LAZELL, J.D. 1968. Genetic puzzle : Blue-spotted salamander. Mass. Audubon 53 : 20–25.

LOGIER, E.B.S. 1952. The frogs, toads and salamanders of eastern Canada. Clarke, Irwin & Co. Ltd. 127 p.

1958. The snakes of Ontario. University of Toronto Press, Toronto (Ont.). 94 p.

LOGIER, E.B.S. ET G.C. TONER. 1961. Check list of the amphibians and reptiles of Canada and Alaska. Royal Ont. Mus. Contrib. 53 : 92 p.

MARTIN, J.L. 1955. The amphibians and reptiles of Nova Scotia. Nova Scotia Museum, Halifax (N.-É.). 17 p.

SCHULTZ, R.J. 1969. Hybridization, unisexuality, and polyploidy in the teleost *Poeciliopsis* (Poeciliidae) and other vertebrates. Am. Nat. 103 : 605–619.

WADE, R.V. (Zug, G.H., éditeur) 1973. Geographical distribution of *Natrix sipedon* (Northern Water Snake) U.S.A., Maine, Washington Co., Moosehorn National Wildlife Refuge. HISS News J. 1 : 21.

OUVRAGES SE RAPPORTANT AU NOUVEAU-BRUNSWICK

ADAMS, A.L. 1873. Field and forest rambles. King and Co., Londres. 333 p.

BOARDMAN, S.L. 1903. The naturalist of the Saint Croix. Bangor, ME. 351 p. (Imprimé aux frais de l'auteur).

CHRISTIE, D.S. 1969. Sea turtles. New Brunswick Mus. Memo 1 : 7.

1973. Nature adventures. New Brunswick Mus. Memo 5 : 5–8.

CONNELL, W. 1972. The eastern gray treefrog in New Brunswick, p. 14–15. *Dans* Northeast. Wildl. Sta. Rep., Départ. de biol., Université du Nouveau-Brunswick, Fredericton (N.-B.).

COOK, F.R. ET J.S. BLEAKNEY. 1960. Additional records of stream salamanders in New Brunswick. Copeia 1960 : 362–363.

1961. Red phase of the redbacked salamander from New Brunswick. Can. Field-Nat. 75 : 53.

COOK, F.R. ET S.W. GORHAM. 1979. The occurrence of the triploid form in populations of the blue-spotted salamander, *Ambystoma laterale*, in New Brunswick. J. N B. Mus. 1979 : 154–161.

COX, P. 1898. Batrachia of New Brunswick. Bull. Nat. Hist. Soc. N.B. 4 : 64–66.

1899. Freshwater fishes and batrachia of the peninsula of Gaspe, P.Q. and their distribution in the Maritime Provinces of Canada. Trans. R. Soc. Can. 5 : 141–154.

1899. A preliminary list of the batrachia of the Gaspe Peninsula and the Maritime Provinces. Ottawa Nat. 13 : 194–195.

1899. The anura of New Brunswick. Proc. Miramichi Nat. Hist. Assoc. 2 : 9–19.

1903. The snakes of the Maritime Provinces of Canada. Proc. Miramichi Nat. Hist. Assoc. 3 : 11–20.

1907. Lizards and salamanders of Canada. Proc. Miramichi Nat. Hist. Assoc. 5 : 46–55.

GORHAM, S.W. 1964. Notes of the amphibians of Browns Flat Area, New Brunswick. Can. Field-Nat. 78 : 154–160.

1970. Spring emergence of amphibians and reptiles. New Brunswick Mus. Memo, 2 : 3–5.

1970. The Amphibians and Reptiles of New Brunswick. New Brunswick Mus. Monogr. Ser. 6 : 30 p.

1972. The gray treefrog, *Hyla versicolor*, in New Brunswick. New Brunswick Mus. Memo 4 : 8–10.

1973. Wanted : a northern water snake from New Brunswick. New Brunswick Mus. Memo 5 : 9–10.

GORHAM, S.W. ET I.T. GORHAM. 1983. A range extension of the gray treefrog, *Hyla versicolor*, in Maine, U.S.A. Can. Field-Nat. (Sous presse).

GYLES, J. 1869. (Publié pour la première fois en 1736). Memoirs of odd adventures, strange deliverences etc. in the captivity of John Gyles : 38–43.

LORIMER, J.G. 1876. History of the islands and islets in the Bay of Fundy. Imprimé par Saint Croix Courier. 29–31.

MAJKA, C.G. 1968. The herptiles of Albert County. Moncton Natur. Club Annu. Rep. 1968 : 16–19.

1974. A deletion from the known range of the gray treefrog (*Hyla versicolor*) in New Brunswick. Can. Field-Nat. 88 : 498.

MCALPINE, D.F., S.W. GORHAM ET A.D.B. HEWARD. 1980. Distributional status and aspects of the biology of the gray treefrog (*Hyla versicolor*) in New Brunswick. J. N. B. Mus. 1980 : 92–102.

MORRIS, A.F. 1951. Unpublished manuscript dealing with the amphibians and reptiles of the Green River area, N.B. : 443–446.

ROWE, C.F.B. 1899. First record of *Rana septentrionalis* for New Brunswick. Bull. Nat. Hist. Soc. N.B. 16 : 169–170.

SQUIRES, W.A. 1950. *Hyla versicolor* from northern New Brunswick. Nature News. N.B. Mus. Publicat. 3 : 2.

1958. Nature lessons from your museum. The New Brunswick Museum Publicat. 1958 : 89–94.

1972. A naturalist in New Brunswick. New Brunswick Mus. Publicat. 1972 : 13–19, 28–32, 40–41.

WRIGHT, B.S. 1972. Some herpetological puzzles in New Brunswick. Atlantic Advocate (Fredericton. N.B.) 63 : 14–17.

CHAPITRE 16

Mammifères marins

D.E. GASKIN

Département de zoologie
Collège des sciences biologiques
Université de Guelph, Guelph (Ont.)

Introduction[1]

Les abords de la baie de Fundy sont exceptionnels du point de vue écologique. L'amplitude des marées dépasse 7 m en moyenne, de sorte que le mélange vertical y est intense et qu'en été, la température de l'eau en surface y est plus basse que dans les régions avoisinantes. La production dans la baie est relativement importante et les forts courants de marée et les remontées d'eau apportent des nutriments dans certaines zones, dont les limites sont généralement constantes en été. En outre, de juin à octobre, de vastes tourbillons y charrient le zooplancton (voir chapitres 12 et 13) en quantités suffisantes pour attirer beaucoup de gros Mysticètes et les y maintenir pendant presque tout l'été et au début de l'automne. Des quantités considérables de harengs et de maquereaux envahissent la baie à partir de la fin du printemps; ces poissons sont prisés par trois ou quatre espèces de petits Odontocètes, dont la plus abondante est le Marsouin commun (*Phocoena phocoena*). Autrefois abondant dans la région, le Phoque commun (*Phoca vitulina*) a vu son peuplement diminué par suite de la chasse primée. En effet, le ministère des Pêches du Canada accordait des primes pour la chasse de cette espèce, qu'on soupçonnait de transmettre le ver de la morue. Mais malgré la disparition presque complète des Phoques communs, le parasite continuait de gagner du terrain, et la suspension temporaire des primes pendant les années 1970 a permis aux phoques de proliférer de nouveau. En 1979, le programme de chasse primée a été remis en vigueur, surtout parce que les pêcheurs soutenaient que les phoques nuisaient à la capture du hareng au filet. Le Phoque gris (*Halichoerus grypus*) se manifeste en petit nombre dans la région de Grand Manan, mais n'est pas commun dans la baie de Fundy. Ce phoque porte la forme adulte du ver de la morue, mais la pêche primée instaurée dans l'estuaire de la Miramichi visait à empêcher qu'il prolifère suffisamment pour nuire de façon appréciable à la pêche au saumon.

Le golfe du Maine en général et la baie de Fundy en particulier souffrent d'une tare plus grave encore — les effets de l'évolution des techniques industrielles, agricoles et forestières. Le principal courant de la côte est de l'Amérique longe d'importantes régions agricoles et industrielles et de grands centres urbains et reçoit les alluvions des cours d'eaux qui se jettent dans l'océan. Il se produit un important brassage entre les eaux de ce courant et celles du golfe du Maine pendant environ la moitié de l'année. Le tourbillon du golfe du Maine transporte ce mélange vers la côte dans le sens antihoraire. Ce phénomène est probablement responsable des teneurs relativement fortes en dieldrine et en biphényles polychlorés observées dans la faune de la région, car ces composés n'ont ordinairement pas une origine locale. Pendant le reste de l'année, il y a moins d'échanges entre les masses d'eau, et les effluents de la baie Passamaquoddy et des cours d'eau qui se jettent dans la baie de Fundy ont tendance à demeurer dans la région. Cependant, l'important programme de pulvérisations pour la lutte contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette au Nouveau-Brunswick pendant les années 1960 ainsi que l'exploitation d'usines de pâtes dans cette province et dans le nord du Maine comptent parmi les grandes causes de la forte contamination de la faune de la baie par le mercure et le DDT.

Les trois sous-régions des abords de la baie de Fundy — le secteur intérieur de la région de Quoddy, Grand Manan et l'île Brier — seront touchées par trois grands projets de développement industriel de la baie de Fundy récemment approuvés : le port de superpétroliers de Lorneville, près de Saint-Jean (N.-B.), la centrale nucléaire de Lepreau (N.-B.), qui pourrait attirer nombre d'industries secondaires, et la raffinerie de pétrole et le terminal pétrolier de la société Pittston à Eastport (Maine). L'exécution des deux premiers projets est déjà commencée, tandis que le troisième se heurte à l'opposition du gouvernement du Canada, car pour atteindre Eastport, les navires devront traverser les eaux territoriales canadiennes par le passage Head Harbour. Deux marées noires de moyenne envergure ont déjà menacé Saint-Jean (N.-B.), et les trois projets ont exacerbé les craintes quant à l'intégrité environnementale de la région.

Dans la baie de Fundy, tous les peuplements de Cétacés semblent atteindre leur maximum à peu près pendant la même période, soit de juillet à septembre. Cette invasion estivale pourrait être fortement conditionnelle à la période passablement critique d'apparition des bancs de zooplancton, qui dépend à son tour de la réussite de la poussée du phytoplancton. Si cetteapparition n'a pas lieu au moment optimal pendant certaines saisons, il pourrait s'ensuivre les effets globaux suivants : absence de Rorquals communs et de Petits rorquals, par exemple, comme cela s'est produit en 1972 et 1973 dans le secteur intérieur

[1]Les Baleines, les Dauphins et les Marsouins forment l'ordre des Cétacés, qui se compose des Mysticètes (cétacés à fanons) et des Odontocètes (cétacés à dents). Les Dauphins, les Marsouins et l'Épaulard appartiennent à la famille des Delphinidés. Mais les Marsouins se distinguent des Dauphins par le museau court et sans bec ainsi que par l'aspect particulier des dents, qui sont aplaties et en forme de bêches au lieu d'être coniques comme celles des Dauphins. Dans le langage populaire, les deux termes sont souvent employés indifféremment.

de la région de Quoddy, et dispersion du Marsouin commun et des bancs de harengs et de maquereaux. Beaucoup de recherche reste à faire sur les causes de l'occurrence irrégulière des mammifères marins dans cette région. À l'heure actuelle, les changements de l'abondance et de la distribution des mammifères marins ne peuvent être reliés avec certitude aux variations océanographiques naturelles ni aux effets de l'intervention humaine, comme la pollution ou la pêche excessive.

Les pages suivantes contiennent des illustrations des espèces de mammifères marins observées dans la baie de Fundy et des commentaires sur leur occurrence.

Mammifères marins de la baie de Fundy

LISTE ET OCCURRENCE DANS LA RÉGION DE QUODDY

i) Mysticètes (fig. 1–6)

Eubalaena glacialis Baleine noire	Visite occasionnellement le secteur intérieur de la région de Quoddy et est présente pendant presque toutes les saisons aux environs de The Wolves et de Grand Manan. *Espèce menacée d'extinction*
Megaptera novaeangliae Rorqual à bosse	Visite régulièrement la sous-région de l'île Brier. Observé dans le secteur intérieur de la région de Quoddy en 1979. *Espèce menacée d'extinction*
Balaenoptera physalus Rorqual commun	Visite régulièrement les trois sous-régions.

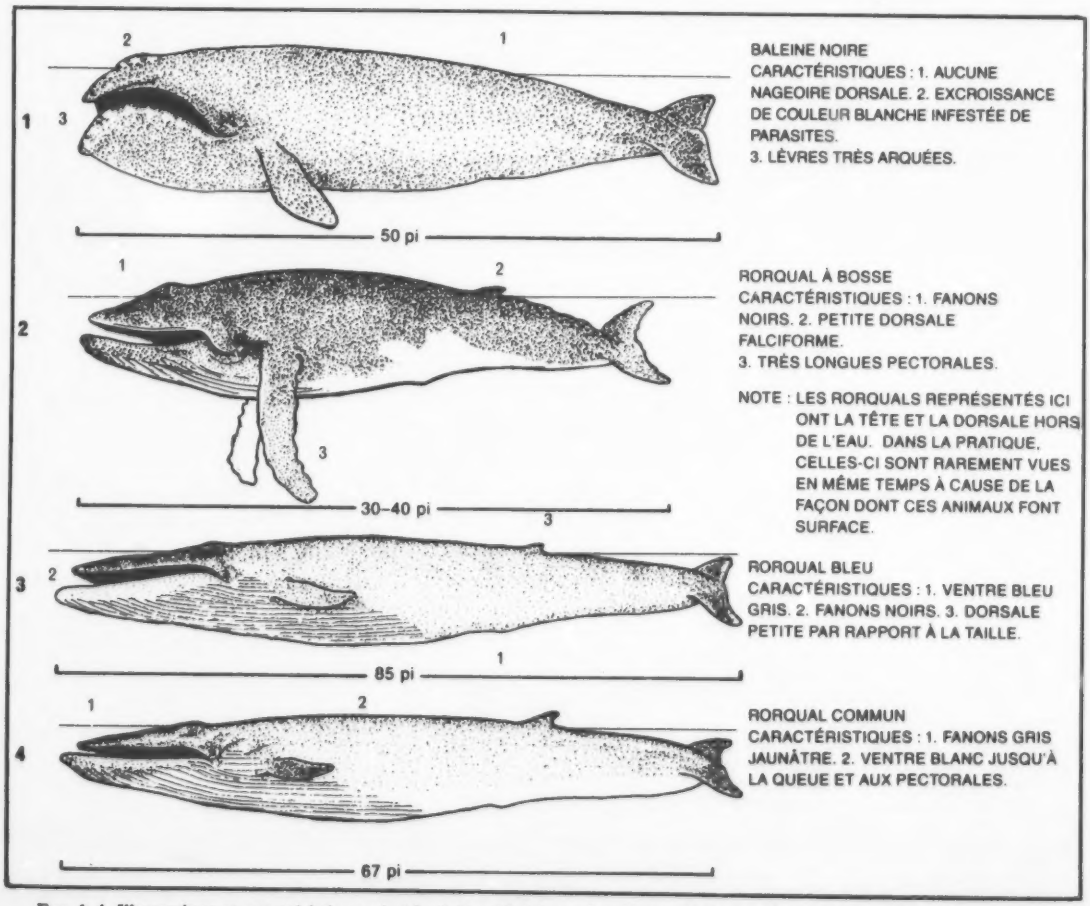


FIG. 1–4. Illustrations et caractéristiques de Mysticètes (Baleine noire, Rorqual à bosse, Rorqual bleu, Rorqual commun).

Balaenoptera borealis Rorqual boréal	Pourrait fréquenter la partie sud de la sous-région de l'île Brier.
Balaenoptera acutorostrata Petit rorqual	Fréquente régulièrement toutes les sous-régions.
Balaenoptera musculus Rorqual bleu	Observé occasionnellement, sauf ces quinze dernières années. *Espèce menacée d'extinction*

ii) Odontocètes (fig. 7–17)

Phocoena phocoena Marsouin commun	Réside régulièrement dans la région pendant presque toute l'année, mais la plupart des individus gagnent le large en automne.
Lagenorhynchus acutus Dauphin à flancs blancs	Visite régulièrement la région, mais pourrait résider à l'extérieur.

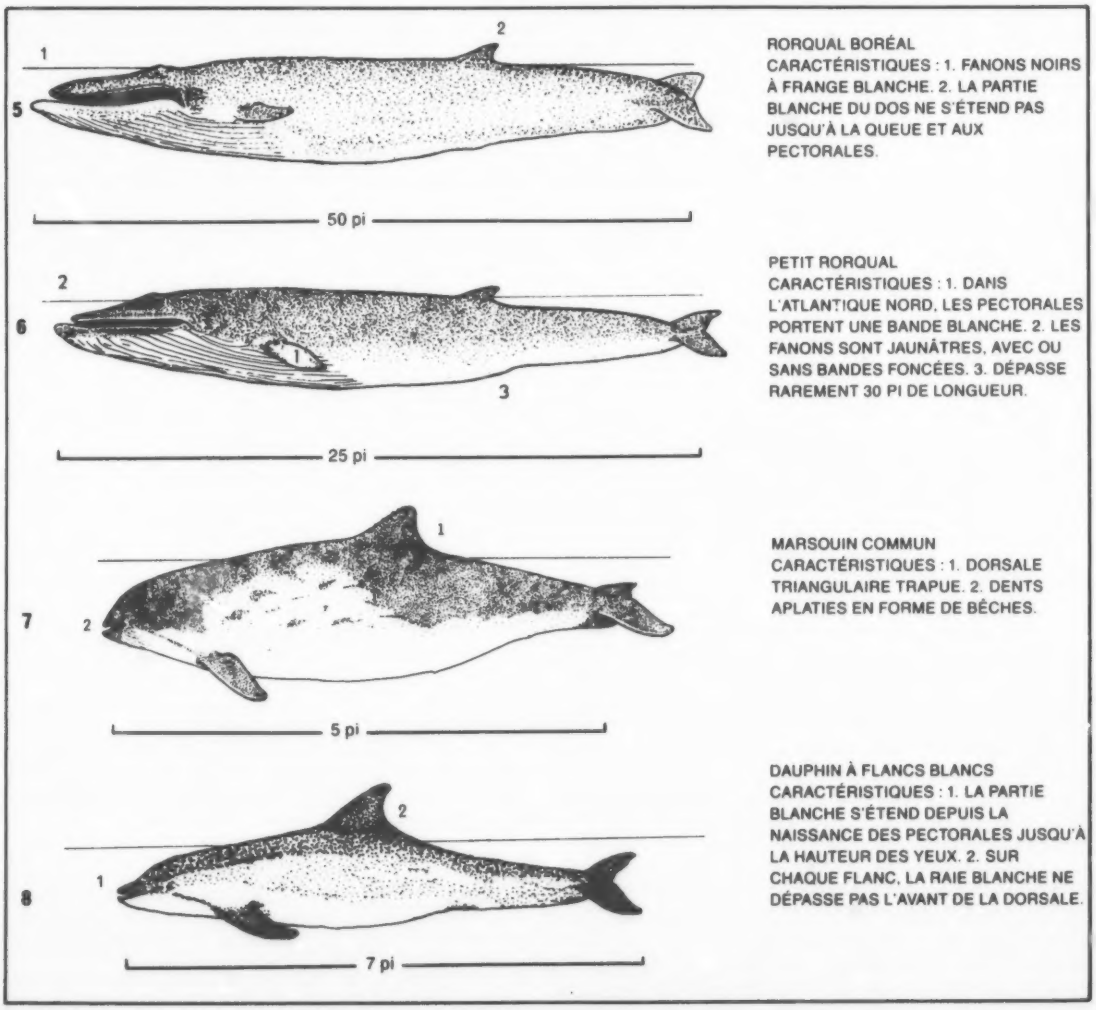


FIG. 5–8. Illustrations et caractéristiques de Mysticètes et d'Odontocètes (Rorqual boréal, Petit rorqual, Marsouin commun et Dauphin à flancs blancs).

Lagenorhynchus albirostris Dauphin à nez blanc	Peut visiter la région occasionnellement.
Globicephala melaena Globicéphale noir	Fréquente la région en grands troupeaux.
Delphinapterus leucas Béluga	On peut observer occasionnellement des individus égarés provenant du golfe du Saint-Laurent (un individu observé en 1976).
Hyperoodon ampullatus Baleine à bec commune	Observation d'un individu échoué
Mesoplodon bidens Baleine à bec de Sowerby	Observation d'un individu échoué

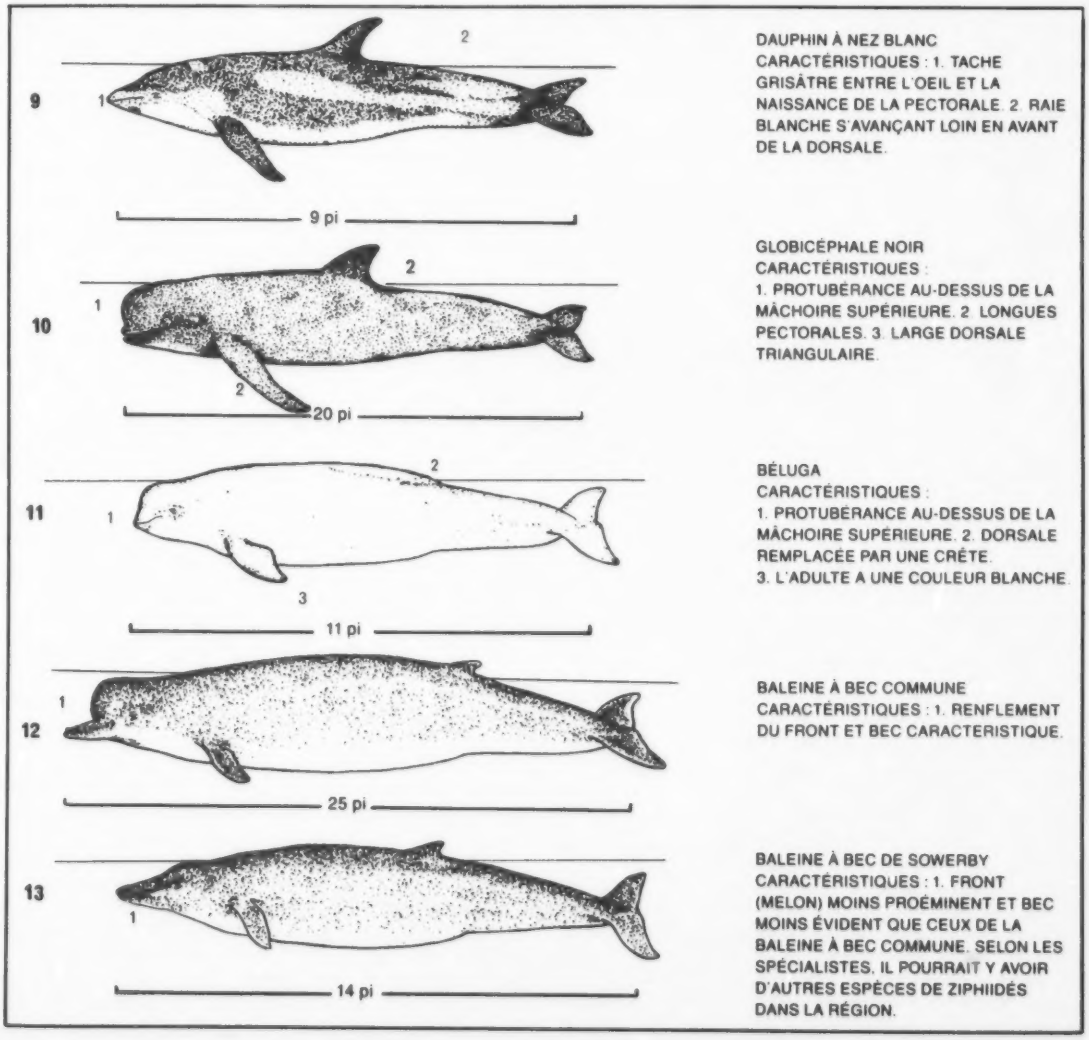


FIG. 9–13. Illustrations et caractéristiques d'Odontocètes (Dauphin à nez blanc, Globicéphale noir, Béluga, Baleine à bec commune et Baleine à bec de Sowerby).

Orcinus orca Épaulard	Peut visiter la région occasionnellement.	*Tursiops truncatus* Dauphin à gros nez	Probablement rare dans la région
Kogia breviceps Cachalot pygmée	Peut visiter la région occasionnellement.	*Delphinus delphis* Dauphin commun	Probablement rare dans la région

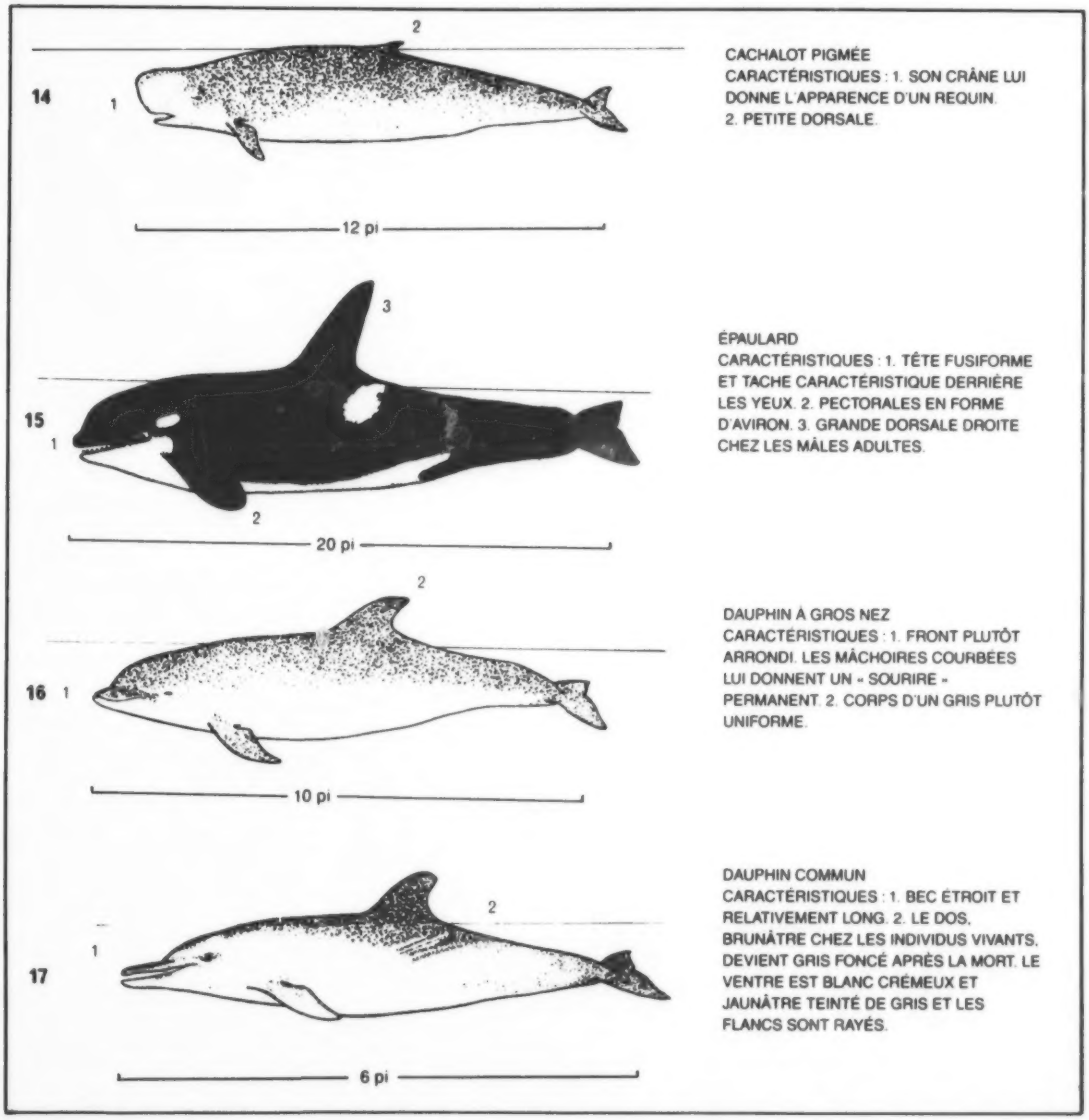


FIG. 14–17. Illustrations et caractéristiques d'Odontocètes (Cachalot pygmée, Épaulard, Dauphin à gros nez et Dauphin commun).

iii) Phocidés (fig. 18 et 19)

Halichoerus grypus Phoque gris	Fréquente seulement certains secteurs de la région de Grand Manan	*Phoca vitulina* Phoque commun	Autrefois abondant, son nombre a été réduit par la chasse primée, mais il prolifère de nouveau.

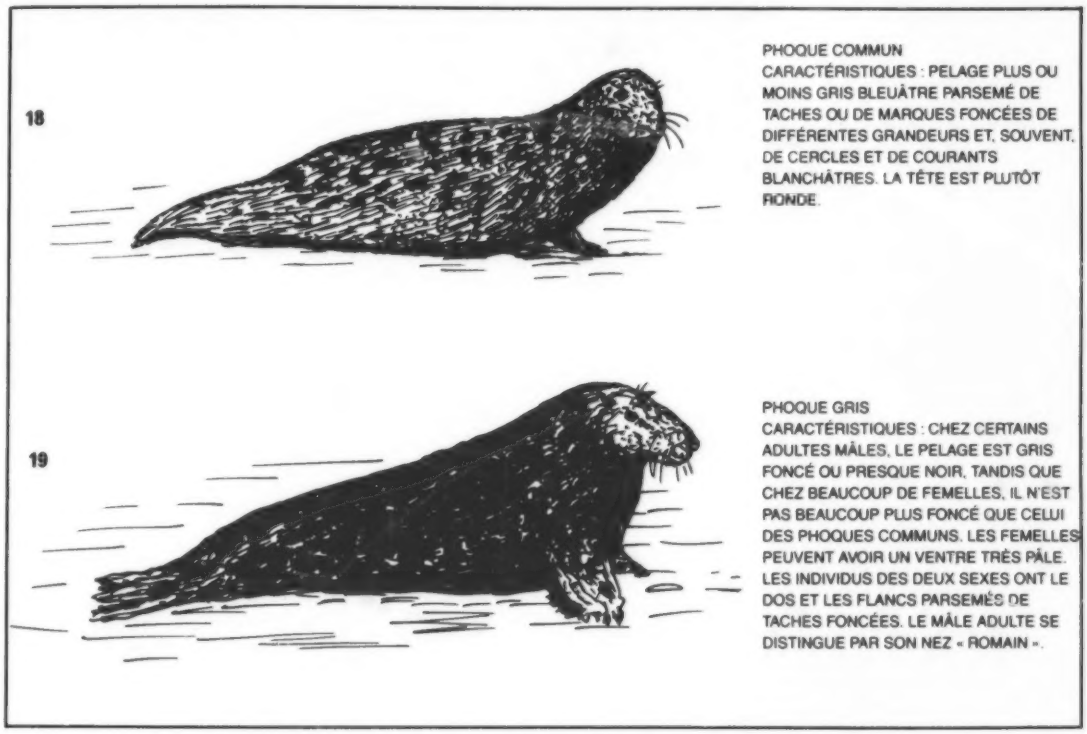


FIG. 18–19. Illustrations et caractéristiques du Phoque gris et du Phoque commun.

DÉNOMBREMENT DES PRINCIPALES ESPÈCES

Baleine noire — Autrefois abondantes dans l'Atlantique Nord, les Baleines noires l'étaient beaucoup moins au début du siècle. Malgré la protection complète dont il a bénéficié pendant plusieurs décennies, le peuplement du secteur ouest de l'Atlantique Nord n'a augmenté que très lentement et, même aujourd'hui, il n'est que de quelques centaines de bêtes tout au plus. Tout indique que le stock du secteur est de l'Atlantique Nord a été presque entièrement exterminé.

Ces quinze dernières années, les Baleines noires ont apparemment agrandi constamment leur aire de répartition dans le secteur ouest de l'Atlantique Nord, et elles y ont peut-être même proliféré, bien qu'il existe peu de données sûres pour le confirmer. Des chercheurs américains étudient leur apparition saisonnière au large du cap Cod depuis 1956 (Watkins et Schevill, 1976), et on en a observé positivement tout le long des côtes est et sud des États-Unis (Reeves *et al.*, 1978; Moore et Clark, 1963). En août 1971, une demi-douzaine de Baleines noires ont gagné le secteur intérieur de la région de Quoddy; elles y ont été observées par l'équipe de recherche de l'Université de Guelph pendant plusieurs semaines puis elles se sont peu à peu éloignées en direction de Grand Manan. Presque tous les ans, on observe des individus isolés ainsi que des femelles accompagnées de leurs petits aux environs de The Wolves. Des troupeaux de 2 à 7 bêtes sont vus chaque été dans les secteurs pélagiques de la baie de Fundy où ils se nourrissent et se reproduisent. En août 1979, des travailleurs de Marine Research Associates de Lords Cove (N.-B.) en ont vu six dans le chenal Grand Manan. Auparavant, des baleiniers de la station de Blandford (N.-É.) en voyaient souvent, bien qu'en petit nombre, au-dessus des bancs du plateau continental, à quelque 50 milles au sud-ouest de l'embouchure de la rivière LaHave, où ils se nourrissaient pendant leurs migrations nord–sud annuelles.

Rorqual à bosse — La péninsule Digby, dans le sud-ouest de la Nouvelle-Écosse, est bien connue comme l'une des aires d'alimentation estivales de cette espèce dans l'Atlantique Nord. Chaque année, en août et en septembre, il se trouve des Rorquals à bosse à moins de 5 milles de la côte entre le passage Letite et le Grand Passage et vers le sud-ouest en direction du haut-fond Lurcher. Presque tous les ans depuis 1970, on en voit périodiquement au large de Grand Manan, mais pour les années antérieures, il n'existe qu'un seul rapport d'observation fiable (vers 1967) d'individus qui entraient dans le secteur intérieur de la région de Quoddy.

Depuis 1975, on observe beaucoup plus de Rorquals à bosse qu'auparavant dans les secteurs littoraux des provinces de l'Atlantique (Lien et Merdsoy, 1979), mais il y en a aussi beaucoup plus qui heurtent les engins de pêche et s'y empêtrent, en particulier les filets d'amenée des trappes à morue. Des engins ont été endommagés et des Rorquals ont parfois été blessés. Le ministère fédéral des Pêches et des Océans et d'autres organismes ont commencé à étudier des façons d'empêcher les Rorquals de heurter les engins de pêche, notamment par l'emploi d'émetteurs de sons ou d'ultrasons fixés à des câbles. Certaines entreprises de pêche commerciale soutiennent que les populations de Rorquals à bosse ont fortement augmenté depuis que cette espèce jouit d'une protection presque totale dans l'Atlantique Nord; certains ont même demandé que la chasse à la baleine soit permise de nouveau sur la côte altantique du Canada. Cette prolifération du Rorqual à bosse s'explique peut-être par le fait que les stocks de capelans du sud et de l'est de Terre-Neuve ont grandement diminué par suite des opérations de pêche pélagique des dernières années. Les Rorquals à bosse ont donc pu gagner les zones littorales pour se nourrir de poissons qui vivent en bancs, comme le hareng. La pêche à la morue a également augmenté en milieu côtier.

Quelle qu'en soit la raison, les Rorquals à bosse ont également commencé à s'introduire dans le secteur littoral de l'ouest de la baie de Fundy. En août 1978, M. David Pike et ses amis, des observateurs de baleines de Lubec (Maine), en ont vu un au large de l'île Campobello. En août de l'année suivante, deux femelles et leurs petits évoluaient presque constamment aux environs de la même île. Le plus souvent, on les observait entre Cutler et le cap West Quoddy, dans le Maine, mais à plusieurs occasions, ces individus passaient de longues périodes à l'entrée du passage Head Harbour, entre le phare et l'île Spruce. Les animaux plongeaient souvent, ce qui indique une intense activité alimentaire, surtout au large du cap East Quoddy; en outre, certains observateurs, en particulier M. et M^me^ T. Barto, de Fairhaven, île Deer, ont vu des femelles allaiter un après-midi de la mi-août. Apparemment, un des petits du troupeau s'est emprisonné dans une senne près de Lubec (Maine) au début de septembre 1979. On a pu le libérer, mais en causant des dommages considérables au filet.

Rorqual commun — À l'heure actuelle, le Rorqual commun est l'espèce de Cétacé la plus répandue dans la baie de Fundy (fig. 4). Il apparaît dans les trois sous-régions en juin ou en juillet, au moment où les Euphausiacés commencent à se concentrer dans les eaux de surface (fig. 20). À une occasion, jusqu'à 10 individus ont été observés dans le secteur intérieur de la région de Quoddy, près des îles Deer et Campobello, mais les troupeaux comptent habituellement 3 à 6 membres. C'est en août 1974, au large de l'île Brier et de Long Island, qu'on a observé le plus grand troupeau, soit 15 animaux. Dès que les Rorquals communs ont gagné la bande littorale dans les deux sous-régions, leur présence est relativement prévisible jusqu'à l'automne, époque où les Euphausiacés migrent vers les eaux plus profondes, entraînant ainsi les bancs de jeunes harengs loin de la surface. D'habitude, les Rorquals communs évoluent régulièrement aussi dans le secteur est de la région de Grand Manan, bien qu'ils y soient observés plus rarement. On en voit souvent au large du cap Swallowtail et plus au sud, au large des hauts-fonds Brazil et Old Proprietor (fig. 29). Ces zones sont moins accessibles que le secteur intérieur de la région de Quoddy et celui de l'île Brier, et les Rorquals y sont plus difficilement observables. Des rapports révèlent que cette espèce se concentre à l'ouest de Grand Manan, au large de Dark Harbour, en automne. Nous avons des raisons de penser qu'il s'agit des animaux observés au large des îles Deer et Campobello un mois plus tôt.

À l'extrême limite de la baie de Fundy, les observateurs qui longent le bord du plateau continental à bord d'embarcations peuvent apercevoir régulièrement des Rorquals communs qui traversent le nord du golfe du Maine. Toutefois, cette espèce est presque inaccessible aux observateurs scientifiques ou amateurs, sauf à partir d'un navire de haute mer. Le secteur intérieur de la région de Quoddy et la région de l'île Brier présentent un grand avantage : les Rorquals communs peuvent y être étudiés de près pendant de longues périodes à partir de bateaux de pêche relativement petits et peu coûteux. C'est une des rares parties du monde où cela est possible. D'après les observations préliminaires d'Arnold et Gaskin (1972) et de Gaskin (1976), les aires d'alimentation des animaux de ces deux régions semblent être très limitées (fig. 20) et dépendre des marées. Les crêtes sous-marines qui longent la côte nord-ouest de la péninsule Digby, à environ 5 à 10 milles au large, et la côte du Nouveau-Brunswick ainsi que le plateau continental au large de l'île White et le « seuil » situé près de la pointe de l'île Campobello semblent jouer un rôle majeur dans l'alimentation des Rorquals communs dans les deux sous-régions (fig. 20).

Les opérations baleinières canadiennes des années 1950 et 1960 ont réduit les troupeaux de Rorquals communs à un nombre relativement faible. La fermeture des stations baleinières en 1972 par M. Jack Davis, alors ministre de l'Environnement, a soulevé les protestations des intéressés, qui étaient cependant à peu près les seuls à s'en indigner. Allen (1971) a traité de la baisse de la population de Rorquals communs du secteur ouest de l'Atlantique Nord. À l'heure actuelle, on ne chasse pas cette espèce, bien que le gouvernement du Canada ait établi des contingents, et le stock augmenterait lentement.

La population de Rorquals communs du nord-ouest de l'Atlantique semble se composer de plusieurs sous-populations distinctes (Mitchell, 1974; Sergeant, 1977), dont une au large de la Nouvelle-Écosse et une autre au large de Terre-Neuve. Certaines parties de ces sous-populations migrent certainement et hivernent régulièrement

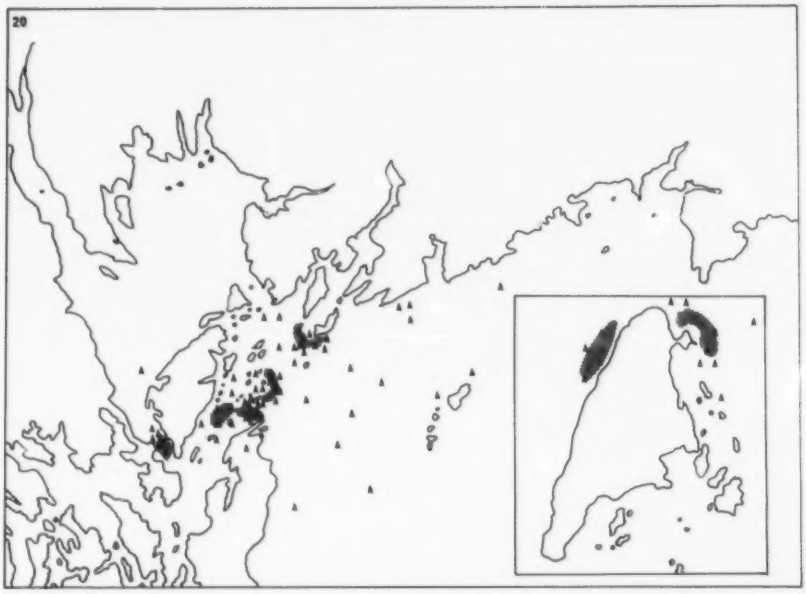


FIG. 20. Zones où les Rorquals communs s'attroupent et se nourrissent régulièrement en été. Les points correspondent aux endroits où l'on a observé au moins un animal pendant la période 1970–1977, et les zones hachurées, à ceux où les Euphausiacés se concentrent en surface à peu près constamment pendant l'été (dans le carton, l'île de Grand Manan)

au-dessus du plateau continental de l'est de l'Amérique du Nord jusqu'à 35° N environ. En été, des bêtes se concentrent encore plus au nord et certaines gagnent le golfe du Saint-Laurent et la baie de Fundy. Brodie (1975) a vu des Rorquals communs au large de la côte est de la Nouvelle-Écosse en hiver, ce qui montre qu'une partie de cette sous-population ne migre pas. Cette région très productive renferme des réserves alimentaires suffisantes, sous la forme de harengs et d'Euphausiacés, à longueur d'année. Comme ils ont grand appétit, ces mammifères doivent se disperser ou former de petits troupeaux pour s'alimenter suffisamment et les proies doivent être concentrées pour assurer une alimentation optimale.

Petit rorqual — Plus petit et souvent moins dérangeant que le Rorqual commun, le Petit rorqual n'en est pas moins observé régulièrement dans les trois sous-régions (fig. 21). Il se nourrit de gaspareaux, de capelans et de harengs. Habituellement, plusieurs individus se manifestent dans la région de Quoddy tous les étés; l'un d'eux « patrouille » souvent jour après jour, de juillet à septembre, à proximité des îles White et Spruce (fig. 28), tandis que les autres peuvent entrer dans le havre Blacks, le passage Letite, le passage Western et la baie Passamaquoddy. Récemment, on a vu à plusieurs reprises de jeunes spécimens échoués, dans la baie Passamaquoddy; ils deviennent parfois emprisonnés dans des fascines à harengs en poursuivant le poisson.

Marsouin commun — Le Marsouin commun est de loin le Cétacé le plus abondant de la baie de Fundy et il représente presque certainement une des plus importantes espèces du niveau trophique supérieur de la chaîne alimentaire dans les milieux marins côtiers. Il se nourrit de harengs, de maquereaux, de petits Gadidés et de calmars.

Certains animaux ont été vus presque à toutes les époques de l'année, mais la plupart gagnent les régions côtières lorsque la température atteint 8 à 10°C à la surface de l'eau et les quittent à l'automne, lorsque les températures commencent à baisser. Les migrations s'effectuent essentiellement entre les milieux côtiers et les eaux du large plutôt qu'entre le Nord et le Sud. Nos études ont montré que l'arrivée des « principaux troupeaux » se produisait à la même époque chaque année, entre le sud du Maine et le sud du Nouveau-Brunswick. Les aires d'hivernage ne sont pas connues, mais elles se trouvent probablement à la bordure sud des bancs Georges et de Brown, où la température de l'eau varie entre 7 et 9°C presque tous les hivers. Cette espèce, la plus petite des Cétacés des eaux froides, pourrait avoir un métabolisme relativement élevé. Elle s'est établi une niche qui, somme toute, lui permet d'éviter la concurrence du Béluga au nord et celle des espèces répandues, plus pélagiques, comme le Dauphin à flancs blancs, le Dauphin à nez blanc, le Dauphin commun et le Dauphin à gros nez, à l'est et au sud. Le Béluga évolue généralement dans des eaux plus froides et moins salées que le Marsouin commun, mais ce dernier a été observé dans les passages Western et Letite, près de l'île Deer, en décembre et en février (A. MacKay et R. Bosein, communication personnelle). Au début d'avril 1970, au moment où la température de l'eau variait

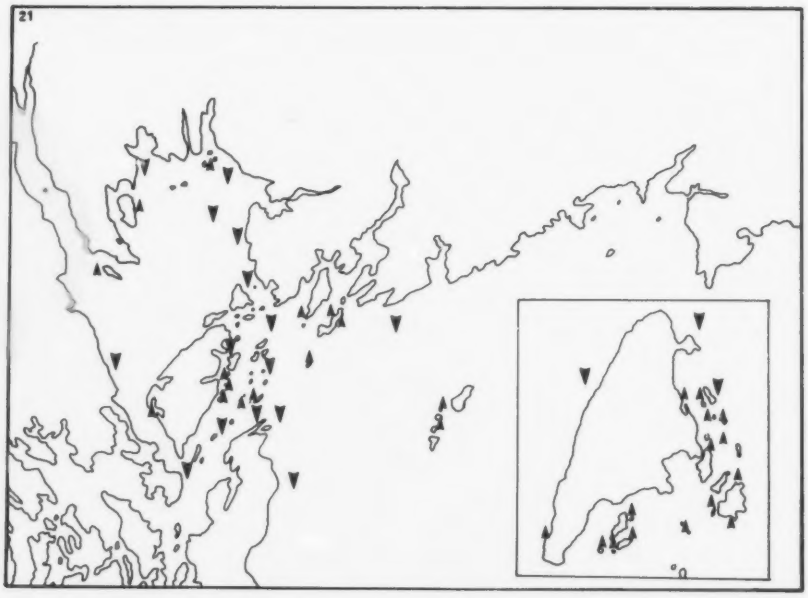


FIG. 21. Lieux d'observation du Petit rorqual (grandes flèches) et lieux d'abordage du Phoque commun (petites flèches) pendant la période 1970–1977 (dans le carton, l'île de Grand Manan)

entre 1,9 et 3,8°C, on a observé le Marsouin commun jusqu'à 14 fois en une journée dans le passage Letite. Donc, une petite partie du peuplement, probablement composée de mâles non encore adultes, hiverne sans doute dans la baie de Fundy. Toutefois, leur densité a été estimée à 0,9 animal/h en avril dans de bonnes conditions de visibilité, alors qu'elle atteignait jusqu'à 12 animaux/h à la fin d'août et au début de septembre.

Les femelles adultes gagnent la zone côtière immédiate accompagnées de leurs petits, qui sont nés, de toute évidence, au large. Presque tous les ans, ces animaux quittent la zone côtière au début d'octobre, époque où une partie importante des femelles sont déjà gravides de nouveau. Habituellement, l'accouplement se produit aussi au large, bien qu'il ait été observé à l'occasion près des chapelets d'îles qui longent la côte et dans les anses de l'île Deer. Dans les trois sous-régions, la population de Marsouins communs atteint son sommet à la même époque, soit entre la mi-juillet et la mi-septembre. Le peuplement de la région de l'île Brier semble être le moins abondant. Plusieurs douzaines d'animaux sont observées régulièrement dans le Grand Passage à l'entrée de la baie de Fundy, mais on en voit peu dans le reste de la région, sauf aux abords du goulet Digby, où ils sont passablement nombreux.

Les concentrations de Marsouins communs les plus denses observées au cours de nos études se trouvaient entre les caps Northern et Swallowtail, au large de la partie septentrionale de l'île de Grand Manan de 1969 à 1979 et dans le passage Head Harbour en 1978. Les concentrations observées en août dans le secteur intérieur de la région de Quoddy, en particulier dans le passage Letite et à ses abords, à l'extérieur du passage Head Harbour et au-dessus du plateau continental des îles White et Spruce, sont presque aussi denses et s'étendent sur une plus grande surface (fig. 22). La taille des troupeaux augmente au fur et à mesure que l'été avance : des groupes comprenant jusqu'à 15 bêtes évoluent dans la région de Letete en septembre. Peu de temps après, ces groupes ne se rencontrent qu'en bordure du courant du chenal Grand Manan, à peu près à mi-chemin entre l'île Deer et The Wolves. Ceux-ci semblent demeurer dans ce secteur pendant une semaine environ avant de disparaître. La formation de grands troupeaux, la concentration finale des animaux aux abords des passages Letite et Head Harbour et la migration vers le courant du large sont apparemment des stades annonciateurs de la migration hivernale vers le large. En fait, cette dernière ressemble grandement à celle des principales proies de l'espèce, le hareng et le maquereau. C'est peut-être à la fin de l'été et au début de l'automne que le calmar est le plus prisé, car c'est l'époque où le calmar à courtes nageoires (*Illex*) est le plus répandu dans le secteur intérieur de la région de Quoddy. Selon des travailleurs du College of the Atlantic (Maine), de grandes quantités de Marsouins communs évoluent à la fin de l'automne dans le chenal Grand Manan, entre la partie ouest de l'île du même nom et le nord du Maine.

Après plusieurs années d'étude, le groupe de recherche de l'Université de Guelph conclut que les abords de la baie de Fundy, en particulier les îles du sud du Nouveau-Brunswick, sont les véritables lieux de concentration de cette espèce dans l'ouest de l'Atlantique Nord au sud de Terre-Neuve. Après avoir patrouillé les eaux de toutes les provinces atlantiques entre 1969 et 1974, nous estimons

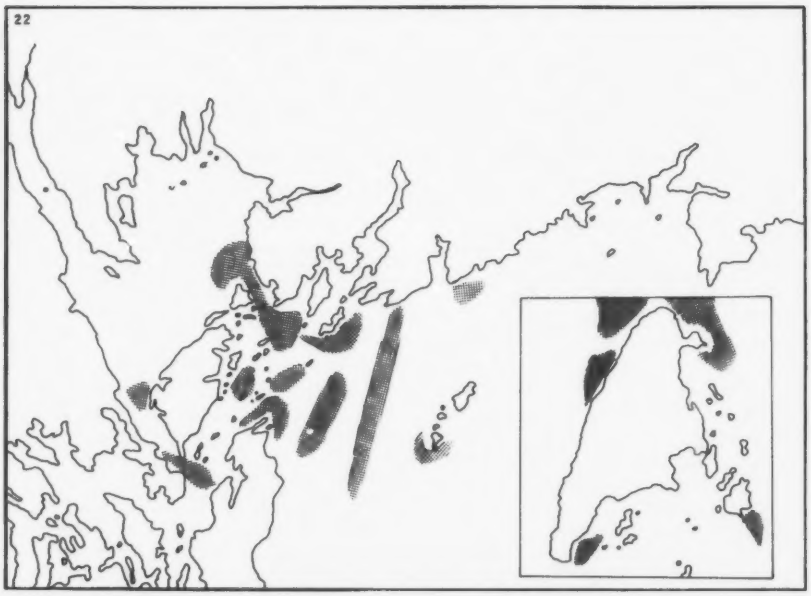


FIG. 22. Zones des régions de Quoddy et de Grand Manan où les Marsouins communs se rassemblent constamment presque tous les ans, de juillet à octobre (dans le carton, l'île de Grand Manan)

que nulle part ailleurs le Marsouin commun ne se rencontre en tel nombre si régulièrement et d'une manière si facilement observable par les scientifiques dans une étendue relativement petite, même si d'importants peuplements sillonnent les eaux du golfe du Saint-Laurent et de Terre-Neuve. Nous sommes donc très inquiets à la pensée que la détérioration environnementale du secteur côtier occidental de la baie de Fundy pourrait s'accentuer, car cela entraînerait la destruction d'un véritable « laboratoire » d'étude de cette importante espèce. Presque la moitié des participants à l'assemblée de la Commission internationale baleinière tenue en 1976 à Londres ont exprimé leur crainte quant aux conditions de survie du Marsouin commun en Europe. Les populations de cette espèce auraient diminué dans la mer Baltique et elles semblent disparaître dans la zone continentale de la Manche et dans le sud de la mer du Nord, y compris le long de la côte de la Hollande (Dr P.J.H. Van Bree, communication personnelle).

La durée de vie du Marsouin commun semble courte; d'après nos études, elle serait d'environ treize ans au maximum et de 8 ou 9 ans en moyenne. En temps normal, les femelles ne donnent naissance qu'à un seul petit à la fois. Il y a sûrement des cas où des jumeaux sont mis au monde, mais il est douteux qu'ils puissent être allaités tous les deux. D'après nos données, certaines femelles peuvent mettre bas jusqu'à trois années de suite, mais les autres connaissent des années de repos entre les naissances. Le Marsouin commun atteint sa maturité sexuelle à la quatrième année. Par conséquent, la courte durée de vie de cette espèce ne semble pas être contrebalancée par un taux de reproduction élevé. Le Marsouin commun ne pourra probablement pas s'adapter à une augmentation de la mortalité due à la chasse intensive ou à d'autres causes ni modifier son taux de reproduction en conséquence.

Dauphin à flancs blancs et Dauphin à nez blanc — Des pêcheurs des trois sous-régions signalent avoir vu à quelques rares occasions « de grands dauphins de mer noir et blanc » en hiver et en été dans le secteur intérieur de la région de Quoddy. Des travailleurs de l'Université de Guelph ont observé des Dauphins à flancs blancs au large de l'île Whitehorse durant les étés de 1973 et 1979 et deux fois au large du détroit de Digby (N.-É.) en 1970 et 1972. Nous en avons vu un spécimen échoué sur l'île Barnes en 1974 et un important troupeau s'est également échoué dans l'anse Lingley, Maine (Geraci, 1975). On observe cette espèce régulièrement aux environs des îles Long et Brier. Les principales proies du Dauphin à flancs blancs sont probablement le calmar, le hareng et le maquereau. Le Dauphin à nez blanc pourrait fréquenter les abords de la baie de Fundy, mais cela reste à confirmer.

Globicéphale noir — Alertés par des rapports signalant une migration exceptionnellement importante de calmars dans la région de Quoddy, des chercheurs de l'Université de Guelph ont filmé un troupeau d'environ 30 bêtes qui évoluait à quelques mètres de la côte de l'île Bliss. Quelques Globicéphales noirs pénètrent dans la baie de Fundy presque chaque année. Un troupeau s'est échoué près de Yarmouth en 1982, mais la plupart des animaux ont pu être remis à l'eau. Cette espèce ne semble pas vivre dans la baie de Fundy ni la visiter régulièrement.

PHOCIDÉS

Phoque gris — Le Phoque gris peut être observé à l'occasion, en très petit nombre, sur un ou deux récifs situés au large de la côte est de l'île de Grand Manan, bien qu'il s'avance parfois jusqu'à une certaine distance dans la baie de Fundy. La chasse fortuite par des pêcheurs l'a probablement empêché de proliférer. Toutefois, cette activité n'a pas été signalée récemment, de sorte qu'il faut supposer que d'autres facteurs empêchent l'expansion de l'aire de distribution du Phoque gris dans la baie de Fundy. Mansfield et Beck (1977) ont étudié cette espèce.

Phoque commun — Le domaine littoral de la sous-région de l'île Brier n'est pas propice à cette espèce. Les principaux bancs rocheux du large sont immergés même à marée basse et ces formations sont rares en milieu côtier. Le centre de rassemblement du Phoque commun dans la région est certainement l'île de Grand Manan, surtout le long de la côte est où les nombreux récifs lui servent d'échoueries. Dans le secteur intérieur de la région de Quoddy, cette espèce a été observée beaucoup plus souvent entre 1973 et 1982 qu'entre 1969 et 1972. Cela peut être attribué au fait que le ministère des Pêches a suspendu pendant plusieurs années le programme de chasse primée de cette espèce qui a été en vigueur longtemps au milieu des années 1970 et en particulier au fait que le dernier chasseur à plein temps de la région ait cessé ses activités. D'après des observations faites de 1972 à 1979, nous estimons à quelques centaines la population actuelle de Phoques communs dans le secteur intérieur de la région de Quoddy et dans la sous-région de Grand Manan. La figure 21 montre les endroits où cette espèce est vue le plus fréquemment dans ces sous-régions, d'après des rapports d'observations effectuées entre 1970 et 1975. Nous n'avons cependant pas de rapports aussi complets pour Grand Manan, car ce secteur n'est étudié que superficiellement depuis 1973. En conclusion, la population augmente lentement, mais la reprise du programme de chasse primée contribuera probablement à la réduire de nouveau.

Travaux publiés et méthodes d'étude

TRAVAUX PUBLIÉS

L'état des travaux publiés sur les mammifères marins de la baie de Fundy peut être résumé de la manière suivante. Des rapports portant sur l'est des États-Unis et le Canada contiennent des commentaires utiles sur ces mammifères (Sergeant et Fisher, 1957; Mansfield, 1967; Sergeant *et al.*, 1970; Katona, 1975; Katona *et al.*, 1975; Leatherwood *et al.*, 1976). Beaucoup moins récemment, Gilpin (1875) a étudié les petits Cétacés au large de la Nouvelle-Écosse et dans la baie de Fundy. Fisher et Harrison (1970) ont publié certaines données et émis des hypothèses utiles sur le cycle de reproduction du Marsouin commun, surtout à partir de spécimens obtenus au cours des années 1950. Schevill *et al.* (1969) ont décrit la phonation de Marsouins communs temporairement maintenus en captivité aux environs du passage Pendleton, dans la baie Passamaquoddy. Le groupe de recherches de l'Université de Guelph a publié les résultats préliminaires d'études à long terme sur le DDT, la dieldrine, les BPC, le mercure, le Mirex et d'autres polluants (Gaskin *et al.*, 1971, 1972, 1973, 1976, 1979). En outre, certaines données concernant l'action prédatrice du Requin blanc sur cette espèce sont parues sous la plume d'Arnold (1972). Smith (1972) et Smith et Gaskin (1974) ont traité de la structure stomacale du Marsouin commun et sur son régime et ses habitudes alimentaires dans la région. Brodie (1975) et Gaskin (1978) ont abordé certains aspects des régimes alimentaire et énergétique des Cétacés. Toujours à propos du Marsouin commun, Smith *et al.* (1976) ont étudié l'anatomie fonctionnelle de son système locomoteur, Rowlatt et Gaskin (1975) et Halina et Gaskin (1978) la structure de ses systèmes cardiaque et coronaire, Hilton et Gaskin (1978) son système hépatovasculaire, et Hedges *et al.* (1979), sa morphologie rénale. Pour leur part, Arnold et Gaskin (1975) et Gaskin et Blair (1977) ont étudié respectivement les effets du strongle pulmonaire, parasite prolifique, sur le Marsouin commun et le problème de la détermination de l'âge de cette espèce. Parmi les thèses qui ne sont pas encore entrées dans la documentation fondamentale du groupe de recherches de l'Université de Guelph figurent des études sur la morphologie de la glande surrénale du Marsouin commun (Louisy, 1973), l'histologie de sa parathyroïde et son influence sur le métabolisme du calcium (Mertens, 1975) et l'efficacité de ses systèmes locomoteur et énergétique (Yasui, 1978).

Par ailleurs, l'écologie du Marsouin commun a reçu une attention considérable. Gaskin *et al.* (1975) ont publié les résultats préliminaires d'études des déplacements des spécimens de cette espèce par radiomesure, tandis que Watson (1976) a étudié leur comportement et l'écologie de leur distribution dans la région du havre Fish (île Deer). Gaskin *et al.* (1974) ont fait paraître une analyse détaillée et une bibliographie portant sur le Marsouin commun, tandis que Yurick (1977) a effectué des études morphométriques des peuplements de Marsouin commun du Pacifique, de l'Atlantique et de la Baltique. Ce dernier étudie actuellement la dynamique de l'écologie de cette espèce dans la région de Quoddy. Pour sa part, Gaskin (1977) a publié les résultats d'une analyse préliminaire de la taille de ces peuplements et des variations saisonnières de leur densité. Arnold et Gaskin (1972) ont livré certaines données sur les Mysticètes du secteur intérieur de la région de Quoddy. On peut trouver des détails supplémentaires sur l'alimentation du Rorqual commun et du Petit rorqual dans la région de l'île Brier en consultant l'ouvrage de Gaskin (1976). À l'heure actuelle, les recherches sur les mammifères marins de la baie de Fundy sont concentrées sur l'écologie et l'acoustique du Phoque commun (Université du Maine et Université du Nouveau-Brunswick), l'identification et le dénombrement des Baleines noires (New England Aquarium, Boston), les liens entre les animaux du niveau trophique supérieur, y compris les oiseaux de mer, et les proies (Université de Guelph) ainsi que des aspects précis de la dynamique de la population, de l'écologie du comportement et du régime énergétique des Cétacés (Université de Guelph et Ocean Search Ltd.).

Méthodes d'étude

Deux méthodes d'étude des Cétacés s'offrent au non-spécialiste : 1) examen de spécimens nouvellement morts ou emprisonnés dans des filets; ou 2) observation de spécimens en mer à partir d'embarcations, de petits aéronefs ou de points d'observation terrestres appropriés.

Animaux échoués — Pour étudier des animaux échoués il faut, bien sûr, être au bon endroit au bon moment. Néanmoins, on peut s'attendre qu'au moins un petit ou moyen Cétacé s'échoue à un endroit raisonnablement accessible sur la côte de la baie de Fundy au cours d'une année. Ainsi, en 1976–1977, pas moins de trois Petits rorquals et un Rorqual commun se sont échoués au Nouveau-Brunswick et en Nouvelle-Écosse.

Certaines espèces rares ou pélagiques ne peuvent être étudiées scientifiquement que par l'observation de spécimens échoués, car leurs représentants sont presque impossibles à voir ou à identifier en mer. Il ne faudrait donc pas sous-estimer l'importance d'un Cétacé échoué et l'observateur devrait tenter d'obtenir le plus d'information possible sur le ou les spécimens en question. Les Globicéphales noirs et les Dauphins à flancs blancs, par exemple, s'échouent parfois en troupeaux entiers pour des raisons qui ne sont pas encore entièrement connues. Parmi les explications avancées, nous trouvons les suivantes : 1) le suicide (ce qui semble très improbable); 2) un désir ancestral de retourner à la terre (ce qui est encore moins probable!); 3) la méconnaissance des milieux côtiers, en particulier ceux où la marée a une grande amplitude, comme la baie de Fundy; 4) l'infection par des parasites; 5) le dérèglement de leur système de navigation par ondes sonores en eaux peu profondes; 6) l'appel d'un animal échoué accidentellement qui voue ceux qui y répondent au même sort; et 7) la prédation de Requins ou d'Épaulards, par exemple, ou la fuite vers les côtes pendant les orages. Il semble que les échouements en masse trouvent plus d'une explication, et chaque cas devrait être traité séparément. Si le phénomène se produit, quelle qu'en soit la cause, n'importe qui peut recueillir des renseignements utiles si aucun spécialiste ne peut se rendre sur les lieux dans un délai relativement court.

La première et principale tâche à accomplir consiste à identifier le ou les spécimens échoués. Les reportages des journaux regorgent de demi-vérités et d'expressions inexactes. Un certain nombre de publications, dont beaucoup sont difficilement accessibles au grand public ou épuisées, aident à l'identification des espèces de Cétacés ou de Phoques. À cet égard, le *Western North Atlantic Guide* (Leatherwood *et al.*, 1976) et le *Gulf of Maine Guide* (Katona *et al.*, 1975) sont très utiles. Le premier peut être commandé auprès des bureaux d'information du gouvernement des États-Unis (en mentionnant le code *NMFS* fourni dans la bibliographie qui termine le présent chapitre) et le second, en communiquant avec l'auteur principal, au College of the Atlantic, Bar Harbor (Maine).

Le lecteur trouvera ci-après, accompagnée de directives concernant la dissection d'un Cétacé, une clé d'identification des Cétacés, des Dauphins et des Phoques susceptibles de fréquenter la baie de Fundy. Grâce à un peu de pratique, il devrait pouvoir déterminer dans la plupart des cas l'espèce à laquelle appartiennent les spécimens échoués.

Après avoir identifié le spécimen le plus précisément possible, il faut noter la présence de tout parasite ou de toute excroissance sur l'épiderme et en faire un dessin ou, mieux encore, faire un prélèvement pour conservation. Il faut aussi noter avec soin la présence de toute cicatrice. Des croquis montrant la coloration de l'épiderme de spécimens nouvellement échoués sont très utiles. Mais les documents les plus précieux sont les photographies de spécimens entiers, surtout les gros plans de la tête (après y avoir enlevé la boue et le sable) et de la queue. Il convient de placer une règle ou une personne, par exemple, à proximité du spécimen photographié pour permettre la référence à une échelle. Si le sujet est en état de décomposition avancée, on peut récupérer le crâne et la mâchoire inférieure pour les envoyer à un musée; si le crâne ne peut être entièrement récupéré, il est utile de prélever quelques dents, s'il y en a. Ces dernières doivent être retirées de la gencive et non pas sciées. Si le ou les animaux échoués sont encore vivants et s'il n'y a aucun espoir de les remettre à l'eau, ceux-ci devraient être achevés par un coup de feu au cerveau ou au coeur. C'est une tâche habituellement réservée aux services de police ou aux gardes-pêche du ministère des Pêches; de toute façon, ces derniers doivent être informés de l'incident. Tout cas de cruauté envers les animaux (p. ex., le fait de crever les yeux de Cétacés vivants au moyen de bâtons) doit être signalé immédiatement à la Société de protection des animaux et à la police pour faire l'objet de poursuites. L'élimination de grandes carcasses peut être coûteuse et difficile, mais dans les régions habitées, les autorités, alertées par une personne qu'incommodent les odeurs véhiculées par le vent du large, ne manqueront pas de s'en charger! Les rapports d'observation d'animaux échoués doivent être envoyés au Service des pêches et de la mer (au Canada : Dr E. Mitchell, Station de biologie arctique, Sainte-Anne-de-Bellevue (Québec)); conserver une copie des rapports au cas où l'original se perdrait dans le courrier.

La prochaine étape consiste à prendre les mensurations du ou ces spécimens échoués. Le North American Committee of Marine Mammalogists (Norris, 1961) a publié un guide montrant une méthode de mesure standard des Cétacés et des Dauphins. Ce guide est très complet, même trop détaillé pour la plupart des non-initiés. Parmi les mensurations les plus utiles, énumérées ci-dessous, la *longueur standard* est absolument essentielle. Celle-ci correspond à la distance, *en ligne droite*, entre l'extrémité de la mâchoire inférieure et l'échancrure des lobes de la queue. Les éléments énumérés ci-dessous correspondent aux numéros apparaissant à la figure 23.

1. Distance entre l'extrémité du bec et le milieu de l'oeil.
2. Distance entre l'oeil et la naissance de la pectorale.
3. Distance entre l'oeil et le bord antérieur de la dorsale.
4. Distance entre la naissance de la pectorale et le bord antérieur de l'orifice génital.
5. Longueur de la dorsale.
6. Hauteur de la dorsale.

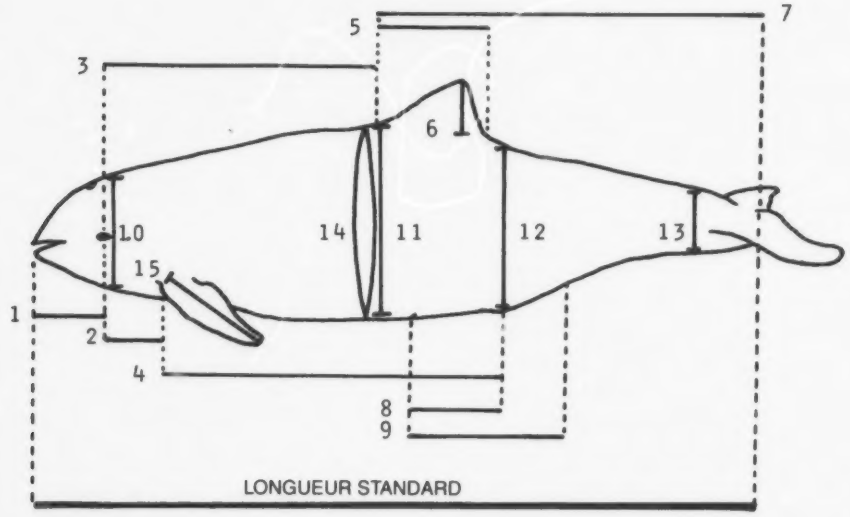


FIG. 23. Mensurations d'un petit Cétacé échoué. Les numéros correspondent à ceux de la liste figurant dans le texte.

7. Distance entre le bord antérieur de la dorsale et l'échancrure des lobes de la queue.
8. Distance entre le bord antérieur de l'orifice génital et le nombril.
9. Distance entre le nombril et l'anus.
10. Épaisseur du corps à la hauteur des yeux.
11. Épaisseur du corps à la hauteur du bord antérieur de la dorsale.
12. Épaisseur du corps à la hauteur de l'orifice génital.
13. Épaisseur du corps à la queue, juste avant les lobes.
14. Tour de taille maximal.
15. Longueur de la pectorale.
16. Largeur de la pectorale.
17. Largeur des lobes de la queue.
18. Longueur des lobes de la queue.

Il faut aussi noter la présence, la forme et le nombre des dents ainsi que la forme du profil de la tête, la présence et le nombre des sillons gulaires et la coloration de cette partie du corps. S'il s'agit d'un Mysticète, il est souhaitable de prélever un échantillon de fanon, dans la mesure du possible (ce qui n'est pas une sinécure!). Il faut également déterminer le sexe du sujet, opération facile lorsqu'on voit l'orifice génital ou qu'on peut retourner l'animal pour le voir. Chez les Cétacés mâles, cet orifice consiste en une fente longue et profonde qui prend naissance à la hauteur de l'abdomen et d'où peut sortir le pénis; chez les femelles, il est plus court, placé plus à l'avant du corps et flanqué de deux mamelons.

S'il est possible de disséquer le sujet, déterminer l'épaisseur du tissu graisseux à plusieurs endroits. Entailler le premier compartiment stomacal pour en vérifier le contenu — les sujets échoués ont habituellement l'estomac vide. Dans les cas d'échouement en masse de spécimens rares, il est particulièrement utile (si les carcasses ne sont pas trop décomposées) de prélever les ovaires, tout petit foetus présent, un petit cube (1 cm × 1 cm) de glande mammaire chez les femelles ou de testicule chez les mâles, et une dent de chaque spécimen de Dauphin, de Marsouin ou de Globicéphale noir. Placer les échantillons dans une solution neutre de formol à 10 % ou d'alcool à 70 %. Ces échantillons, ajoutés aux mensurations exactes, pourront fournir des renseignements très intéressants. Le North American Committee of Marine Mammalogists a également produit un guide pour la prise des mensurations des Phoques (Scheffer, 1967), qui recommande de déterminer au moins les mensurations suivantes (fig. 24) :

1. La longueur standard, correspondant à la distance en ligne droite entre l'extrémité du bec et l'extrémité de la queue le long de la surface ventrale.
2. La longueur (curviligne) d'un côté du corps, entre l'extrémité du bec et l'extrémité de la queue, si le sujet est trop lourd pour être retourné.
3. Le tour de taille juste à l'arrière des nageoires antérieures.
4. La longueur d'une des nageoires antérieures maintenue à angle droit par rapport au reste du corps.
5. Le poids, dans la mesure du possible.

Autant que possible, les mensurations des Phocidés, comme celles des Cétacés, doivent être exprimées en unités métriques.

Dans la région étudiée, les observateurs ont beaucoup plus de chances de voir des Mysticètes et des Dauphins échoués que des Phocidés. Ces derniers sont difficiles à identifier, en particulier les spécimens qui n'ont pas encore leur pelage d'adulte, à moins qu'ils soient morts ou exceptionnellement dociles. En cas de doute, nous vous conseillons de prendre des notes, de faire des dessins, de prendre une photographie (de préférence) et de consulter un zoologiste spécialisé.

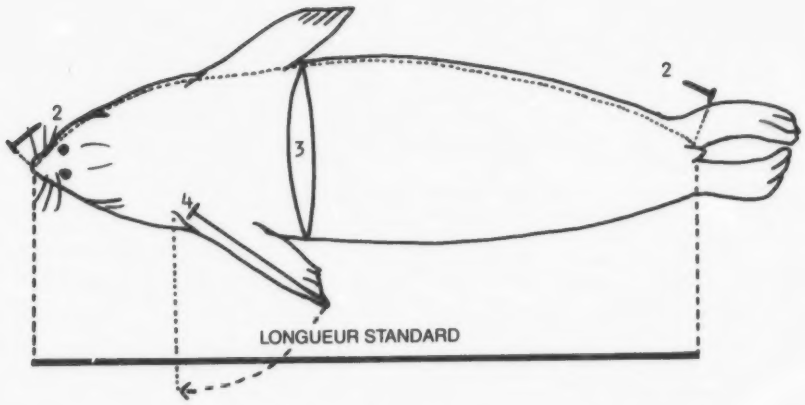


FIG. 24. Mensurations d'un Phoque échoué. Les numéros correspondent à ceux de la liste apparaissant dans le texte.

Dissection de petits Cétacés échoués (sauf indication contraire, l'exemple fourni est celui du Marsouin commun, *Phocoena phocoena*.) — En temps normal, les animaux échoués reposent sur le ventre et l'on découvrira rapidement que même les Dauphins et les Marsouins relativement petits sont lourds et difficiles à manoeuvrer; il convient alors d'effectuer une dissection latérale.

Le matériel suivant est nécessaire à la dissection :

1. Couteau de chasse tranchant ayant une lame d'au moins 5 po (13 cm) de longueur.
2. Scalpels, ciseaux et pinces de dimensions moyennes; il est souvent très utile d'avoir une autre paire de *grosses* pinces longues.
3. Sacs pour congélation en plastique, flacons de 32 oz (1 L) et une solution tamponnée neutre de formol à 10 %. Employer une solution de phosphate comme tampon.
4. Carnet ou bloc-notes et plusieurs crayons à mine.
5. Attaches pour les sacs.
6. Étiquettes renforcées de papier résistant.
7. Accès à un congélateur à proximité.
8. Seau en plastique permettant de laver la région disséquée à grande eau.
9. Paire de fortes cisailles ou, mieux encore, de ciseaux en acier inoxydable servant à l'amputation.
10. Réserve d'eau.
11. Gants chirurgicaux en plastique ou en caoutchouc et un couvre-tout ou un sarrau lavable. Il n'y a pas grand danger d'attraper la maladie de la peau transmise par la bactérie appelée « seal finger » au contact d'un petit Cétacé, mais il ne faut pas prendre de risques. Par ailleurs, la persistance sur les vêtements et la peau de l'odeur d'huile typique du sang des Marsouins est quasi légendaire.

Nous ne saurions trop insister sur la nécessité de préparer *d'avance* toutes les étiquettes qu'il faudra utiliser et d'ensacher et d'étiqueter les spécimens anatomiques *au fur et à mesure*. En effet, il peut être difficile d'identifier des fragments d'organes dans un amas de tissus couverts de sang. En règle générale, les tissus destinés à des préparations histologiques doivent être prélevés dans la demi-heure qui suit la mort de l'animal, mais cette période varie selon les tissus : la rétine se détériore considérablement une minute après la mort, tandis que les tissus musculaires demeurent passablement résistants. En fait, les fibres peuvent demeurer vivantes pendant quelques heures après la mort de l'organisme en cause.

Pour la dissection d'un petit Cétacé, la clé du succès consiste à adopter une méthode systématique en se rappelant que leurs organes ne sont pas « emballés » tout à fait comme ceux des mammifères terrestres.

Enlèvement du tissu graisseux — Une fois les mesures et les observations extérieures faites et les photographies prises, il faut enlever suffisamment de tissu graisseux sur le flanc de l'animal pour ménager une ouverture propre à la dissection. Chez le Marsouin ou le Dauphin, l'épaisseur de la couche de graisse varie entre 0,5 et 2 cm environ selon l'espèce et la partie du corps. Il faut faire deux coupes (fig. 25) en commençant par la coupe dorsale, à partir de la queue, puis détacher la couche de graisse du tissu musculaire sous-jacent en utilisant alternativement les deux faces de la lame du couteau. Normalement, celle-ci se détache sans grande difficulté. Pratiquer ensuite la coupe ventrale puis ramener la couche de graisse vers l'avant à partir de la queue et la sectionner à la base de la cage thoracique. À ce stade, la partie restante jusqu'à la naissance de la pectorale devrait être enlevée, car si elle n'est pas coupée, elle aura tendance à se replier et à nuire à la dissection. Examiner la texture de la partie du tissu graisseux enlevée, qui est parsemée d'importants vaisseaux sanguins (bien que la teneur en graisse puisse atteindre 95 %, le tissu conjonctif est important.) L'observateur pourra trouver plusieurs espèces de kystes cireux parasitaires de petites dimensions, dont on connaît peu de choses. Des lamproies peuvent avoir causé de profondes cicatrices dans la couche de graisse. Il peut y avoir trace de nécrose et de pathologie secondaire et

hypodermique chez les Cétacés. Très rarement, le pédoncule fixateur d'une balane *Penella* peut percer la peau de l'animal et un crampon peut rester dans la couche de graisse.

Viscères abdominaux (fig. 26) — En tenant la pointe du couteau *vers le haut*, pour éviter d'endommager les organes, couper la couche de tissu conjonctif, qui recouvre la cavité abdominale, et la couche musculaire relativement mince. L'INTESTIN, rosâtre à l'avant et verdâtre à l'arrière — chez les Cétacés, il n'y a pas de différence évidente entre le petit et le gros intestin — est très long par rapport à la taille de la bête. Éviter de couper les replis de l'intestin qui sortent par l'incision ainsi pratiquée. Les REINS se trouvent très profondément à l'avant, contre la surface ventrale de la masse musculaire hypoaxiale, au-dessous de la colonne vertébrale. Leur structure lobulée est caractéristique des Cétacés et ne ressemble que de façon superficielle à celle observée chez certains autres groupes de mammifères. Chez les Cétacés, ces lobules sont probablement dus à l'augmentation de la surface fonctionnelle nécessaire au traitement des produits d'excrétion et à la rétention de l'eau métabolique dans un milieu essentiellement xérique. Au pôle antérieur de chaque rein se trouvent les GLANDES SURRÉNALES, plutôt triangulaires et aplaties, dans le même emballage que les reins eux-mêmes. Entre ces derniers peut apparaître l'AORTE DORSALE, qui repose en partie dans une dépression de la VEINE CAVE POSTÉRIEURE, plus grosse et aux parois plus minces. Les ARTÈRES RÉNALES sont proéminentes, plus que les VEINES RÉNALES. Dans la paroi de la cavité abdominale, ainsi que dans beaucoup d'autres régions de la paroi corporelle, se trouvent des réseaux tortueux de vaisseaux sanguins élastiques qui composent le RÉSEAU ADMIRABLE.

Après avoir poussé les intestins d'un côté, tâter le fond de la cavité abdominale pour y trouver la VESSIE relativement petite qui, d'ordinaire, est partiellement remplie. S'il s'agit d'un mâle, une bonne partie de la cavité abdominale ventropostérieure sera occupée par la paroi, recouverte de tissu musculaire et de tissu conjonctif, du PÉNIS, qui est allongé, effilé, rétractile et habituellement gris foncé, et par le TESTICULE, ovale, allongé et de couleur blanche, coiffé par l'ÉPIDIDYME, de teinte rosâtre foncée. Les dimensions relatives des testicules varient beaucoup selon l'âge du spécimen et selon que celui-ci est en état de se reproduire, étant donné que la plupart des espèces, y compris le Marsouin commun, ont un cycle sexuel saisonnier.

S'il s'agit d'une femelle, il est relativement facile de localiser le COL médian ainsi que les trompes gauche et droite de l'UTÉRUS. Les extrémités des trompes, reliées par un mésentère, courent le long de la paroi dorsoantérieure de la cavité abdominale. La couleur typique du tissu utérin est plutôt violette. Suivez chaque trompe l'une après l'autre jusqu'à leur extrémité distale, où se trouvent les OVAIRES, de teinte blanchâtre. Chez les immatures, ceux-ci sont légèrement allongés et de forme ovale, tandis que chez les autres, la présence de follicules et de corpora rend leur forme irrégulière. La présence d'un gros CORPS JAUNE sur l'ovaire est un bon indice — mais seulement un indice — de l'existence d'un FOETUS et d'un PLACENTA. Après avoir ouvert *très minutieusement* les trompes de l'utérus, explorer l'intérieur avec une sonde à bout mousse ou l'extrémité d'une pince chirurgicale ou d'une paire de ciseaux fermée pour y trouver le foetus, qui peut avoir seulement quelques millimètres de long.

Le quadrant supérieur droit de la cavité abdominale est presque entièrement occupé par le FOIE à deux lobes et de grandes dimensions et par le DUODÉNUM tubulaire (dont la morphologie externe n'est pas définie clairement chez les Cétacés), qui est collé à la surface ventrale de la cavité. Les Cétacés *ne possèdent pas* de VÉSICULE BILIAIRE. Près de la partie centrale antérieure de la cavité abdominale se trouve le PANCRÉAS, triangulaire et rose crémeux. Tâter le foie et le pancréas pour y trouver des zones dures (dont la présence est parfois trahie à la surface du foie par des taches blanches circulaires). En incisant la surface des organes à ces endroits, on peut trouver le trématode pancréatique *Campula oblonga*, qui loge habituellement dans un exudat verdâtre produit par le foie en réaction à sa présence. Peu de Marsouins communs sont épargnés par cette infestation, souvent étendue et qui cause beaucoup de dommages aux tissus. Nous croyons que celle-ci pourrait être une importante cause de mortalité chez cette espèce.

L'ESTOMAC, complexe, qui ressemble à celui des ruminants, se trouve dans le quadrant supérieur gauche de la cavité abdominale. Il possède trois compartiments distincts. Les Cétacés étant devenus des animaux qui se nourrissent de façon opportuniste, ils ne mastiquent pas leurs aliments. Les petites proies sont avalées complètement, alors que les grosses peuvent être taillées en pièces par les Cétacés à dents. La digestion commence dans le premier compartiment stomacal et, normalement, les deux autres ne reçoivent que du liquide.

Ouvrir le premier compartiment stomacal; noter la présence de la muqueuse mince et plissée. Chercher des résidus de poissons (des vertèbres, des branchies et, surtout, des otolithes qui permettent d'identifier les espèces de manière assez fiable) et de calmars (coquilles internes, cristallins et mandibules, ces dernières pouvant permettre d'identifier le genre et parfois l'espèce). Il peut y avoir aussi des vers cylindriques du genre *Anisakis*.

Cavité thoracique — Sectionner la dorsale afin de pouvoir tourner facilement l'animal sur le dos et de poursuivre la dissection. On peut en profiter pour examiner la forme hydrodynamique de la dorsale. Placer une grosse pierre ou un gros morceau de bois de chaque côté de la carcasse pour maintenir le spécimen en place. Enlever toute la couche de graisse entre les deux pectorales jusqu'au milieu du « menton ». Ensuite, après avoir écarté les muscles à l'aide d'un couteau ou d'un scalpel, sectionner les côtes de chaque côté de la cage thoracique à peu près à la hauteur des pectorales et couper les côtes avec soin vers le bas entre le diaphragme et le sternum. Détacher les côtes antérieures situées près du sommet du sternum puis replier la cage thoracique vers l'avant. Utiliser le scalpel et les pinces chirurgicales pour détacher avec soin ce qui relie encore celle-ci au sternum. Toute la partie ventrale peut alors être sectionnée au sommet et enlevée. Il faut faire très attention de ne pas se couper sur l'extré-

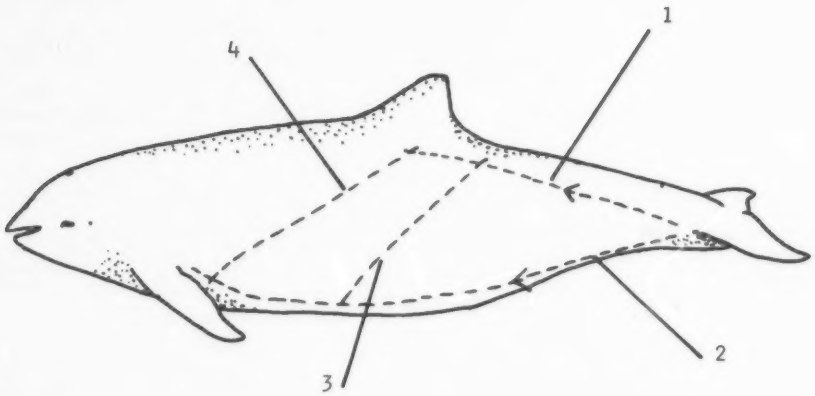


FIG. 25. Coupes préalables à la dissection d'un petit Cétacé.

mité des côtes qui demeurent de chaque côté de la cage thoracique. Le DIAPHRAGME est épais et musculeux — noter sa position oblique et l'absence de ligaments. Cela explique pourquoi le processus respiratoire est beaucoup plus complet chez le Marsouin que chez l'Homme ou la plupart des mammifères terrestres.

Ouvrir le PÉRICARDE pour exposer le COEUR en forme de cône, qui est très gros par rapport à la taille de l'animal. Examiner ensuite les principales veines et artères qui relient ce dernier aux POUMONS spongieux, qui peuvent être congestionnés, selon la cause de la mort (ils seront fort probablement très noduleux). Effectuer des coupes transversales en plusieurs endroits à l'aide du scalpel et examiner les surfaces coupées; enlever la mousse bronchique au besoin. Si l'animal est mort peu de temps avant la dissection, on peut observer des Nématodes parasites qui frétillent dans les bronchioles et les alvéoles des poumons : *Pseudalius inflexus* évolue dans les artères pulmonaires et les bronchioles, *Torynurus convolutus* dans les bronchioles, *Halocercus invaginatus* dans les nodules du parenchyme pulmonaire et *Stenurus minor* dans les tubes bronchiques et les sinus crâniens. On observe rarement un Marsouin adulte dont le système respiratoire n'est pas infesté de Nématodes.

Les parois de la cavité thoracique sont couvertes d'un important RÉSEAU de vaisseaux, dont la fonction fait encore l'objet de discussions; ces derniers ont été considérés comme des réserves de glycogène, des coussins qui protègent les viscères thoraciques en plongée ou des réserves d'oxygène du sang. Il convient de remarquer que les Cétacés n'ont pas de veine AZYGOS et que leurs carotides sont modifiées.

Localiser l'OESOPHAGE en le suivant au travers du diaphragme à partir de l'estomac. Il faut ensuite le séparer des tissus qui l'entourent dans la région du cou avec le plat de la lame d'un couteau, mais en faisant attention de ne rien endommager. Localiser la TRACHÉE, dure et cartilagineuse, qui conduit aux BRONCHES principales, qui sont un peu plus molles. Avec le bout de l'index, détecter le gros renflement du LARYNX et détacher les minces couches musculaires avec le plat de la lame d'un couteau ou d'un scalpel. Le larynx est un cartilage luisant, de couleur bleu-blanc, associé aux lobes gauche et droit de la GLANDE THYROÏDE, qui sont violet rougeâtre. Au-dessous de cette dernière et jusqu'à la jonction de l'aorte et du coeur, on trouve des traces de tissus glandulaires rosâtres — nombreuses si le spécimen est jeune. Il s'agit du THYMUS (exceptionnellement, les Cétacés conservent cette glande à l'âge adulte.)

À ce stade, l'examen macroscopique du spécimen est presque terminé, sauf pour ce qui est de la configuration générale des réseaux d'artères et de veines et des caractéristiques de la tête. L'ORIFICE EXTÉRIEUR DE L'OREILLE est une minuscule ouverture, à peu près de la grosseur d'une aiguille, située à la hauteur de l'axe des yeux, à faible distance derrière ceux-ci. Le Marsouin commun se distingue par ses DENTS spatulées et sa courte langue, qui n'est pas très mobile. L'enlèvement de la couche de graisse qui entoure l'évent permet de voir le réseau complexe de SACS NASAUX, qui sont typiquement noirs et coriaces. Ces sacs commandent certainement l'ouverture de l'évent, et de nombreux chercheurs ont affirmé qu'ils sont, du moins en partie, le siège de la production sonore de ces animaux. Le MELON, masse graisseuse située en avant de l'évent, ferait également partie du système acoustique des Odontocètes.

Le sommet du crâne peut être enlevé à l'aide d'une scie. Les HÉMISPHÈRES CÉRÉBRAUX sont typiques des mammifères, sauf que les lobes temporaux sont gros par rapport à la taille des spécimens, ce qui s'expliquerait par l'importance relativement grande des ondes sonores pour ces animaux, dont la surface corticale permettrait de stocker et de traiter les signaux acoustiques. On peut voir le CERVELET en repliant les hémisphères cérébraux vers l'avant. Formé d'un lobe médian et de deux lobes latéraux, celui-ci est un trait distinctif des mammifères. Après avoir enlevé la couche de graisse qui entoure le crâne et détaché celui-ci de la carcasse, l'observateur peut voir la forme caractéristique des OS TYMPANAL ET PÉRIOTIQUE.

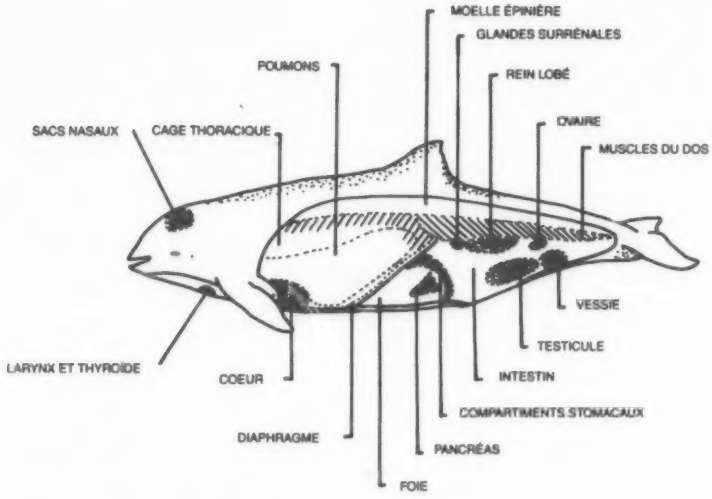


FIG. 26. Emplacement des principaux organes des petits Cétacés.

Clé d'identification des mammifères marins échoués

1 (1)	Animal à queue, mais sans membres postérieurs; Cétacé ou Dauphin	2
—	Animal ayant des membres postérieurs distincts ; Phoque	17
2 (1)	Cétacé possédant de longs fanons frangés qui pendent de la mâchoire supérieure	3
—	Cétacé ou Dauphin à gencives nues ou à dents	8
3 (2)	Cétacé de 3 à 4 m de longueur (les adultes sont beaucoup plus grands) possédant un bec fortement arqué, mais sans dorsale ..... *Eubalaena glacialis* (Baleine noire)	
—	Cétacé au bec légèrement recourbé, sans être fortement arqué, et portant une dorsale distincte	4
4 (3)	Animal au corps court et trapu ayant des pectorales très longues dont la longueur peut atteindre ou dépasser celle de la tête ..... *Megaptera novaeangliae* (Rorqual à bosse)	
—	Cétacé ayant des pectorales plus courtes que la bouche et collées au corps, qui est allongé et plutôt fusiforme	5
5 (4)	Animal dont les fanons sont bleu grisâtre sauf sur le tiers antérieur du côté droit de la mâchoire où ils sont blancs. Sillons gulaires blancs et nombreux. Corps essentiellement gris sur le dessus et blanc sur le dessous ..... *Balaenoptera physalus* (Rorqual commun)	
—	Cétacé aux fanons jaunâtres ou noirâtres	6
6 (5)	Cétacé aux fanons jaunâtres ..... *Balaenoptera acutorostrata* (Petit rorqual)	
	(Les spécimens de l'Atlantique Nord se distinguent habituellement par une bande blanche sur le revers des pectorales.)	
—	Cétacé aux fanons noirâtres	7

7 (6) Cétacé aux fanons noirs, mais *portant des filaments blanchâtres*. Le dos est sillonné de bandes grises, la gorge et la poitrine sont blanches, mais présentent souvent des teintes rosâtres lorsque le spécimen est nouvellement échoué ..... *Balaenoptera borealis* (Rorqual boréal)

— Cétacé aux fanons noirs et au corps d'un bleu gris ardoisé (lorsque le spécimen est nouvellement échoué) et souvent tacheté. La partie inférieure du corps ne présente aucune teinte blanche ..... *Balaenoptera musculus* (Rorqual bleu)

8 (2) Cétacé dont la dorsale est remplacée par une crête. Le corps est blanc. Les bords de la queue, des pectorales et de la crête dorsale ont des teintes foncées chez l'adulte et gris ardoise tacheté chez les jeunes ..... *Delphinapterus leucas* (Béluga)

— Cétacé ou Dauphin portant une dorsale distincte 9

9 (8) Animal dont les lobes de la caudale ne sont pas séparés par une encoche. La tête est proéminente, les dents sont rares ou absentes et le bec est plutôt caractéristique .. *Hyperoodon ampullatus* (Baleine à bec commune) et *Mesoplodon bidens* (Baleine à bec de Sowerby) sont les deux espèces de Zyphiidés ou baleines à bec les plus susceptibles d'être observées dans la baie de Fundy. Les Baleines à bec, en particulier les femelles et les jeunes des deux sexes, sont très difficiles à identifier. Vu qu'il existe peu de données scientifiques à leur sujet, il est fortement recommandé de faire appel à un spécialiste si un spécimen est échoué.

— Cétacé ou Dauphin portant une encoche entre les lobes de la caudale 10

10 (9) Petit Cétacé, qui ne dépasse pas 4,5 m de longueur. La mâchoire est petite et les dents saillant de la mandibule arquée se trouvent bien en arrière de la tête. L'animal porte des pectorales pointées et une dorsale. Il ressemble globalement à un requin, mais il s'en distingue, bien sûr, par la présence d'un évent et l'absence d'ouïes! ..... *Kogia breviceps* (Cachalot pygmée)

— Cétacé ou Dauphin de petite ou de moyenne taille ne correspondant pas à cette description ... 11

11 (10) Petites dents coniques plantées vers l'avant de la gueule, protubérance sur la tête, pectorales longues et s'écartant du corps, dorsale très proéminente. Le corps est brun noirâtre, mais le ventre porte une lisière blanche; de petites taches blanches peuvent apparaître au-dessus des yeux et derrière ceux-ci ou derrière la dorsale ..... *Globicephala melaena* (Globicéphale noir de l'Atlantique)

— Les dents ne sont pas aussi serrées; elles ne sont pas coniques, mais pointues ou spatulées au sommet. L'animal ressemble à un Marsouin ou à un Dauphin par son corps ou sa tête, mais cette dernière ne porte pas de protubérance 12

12 (11) Animal aux dents spatulées au sommet et qui mesure moins de 2 m. Le dos est brun noirâtre, les flancs sont grisâtres, le ventre est blanc et la dorsale est plutôt petite et à peu près triangulaire ..... *Phocoena phocoena* (Marsouin commun)

— Dents acérées ou arrondies au sommet. Spécimen dont la taille dépasse probablement 2 m ... 13

13 (12) Animal au corps d'un gris plutôt uniforme et au bec d'une longueur de quelques pouces ..... *Tursiops truncatus* (Dauphin à gros nez)

— Animal aux couleurs très frappantes : soit brun et blanc, soit noirâtre et blanc, souvent marqué de taches pâles derrière la tête ou sur les flancs 14

14 (13) Animal aux pectorales en forme d'aviron et marqué d'une tache blanche en forme de fève au-dessus des yeux et derrière ceux-ci. Il a une taille plutôt grande et même les jeunes ont au moins 2 m de longueur environ. La dorsale du mâle adulte est étroite et très haute ..... *Orcinus orca* (Épaulard)

— L'extrémité des pectorales est émoussée et il n'y a pas de taches de chaque côté de la tête 15

15 (14) Animal au bec plutôt proéminent. Le dos prend une teinte brunâtre avant la mort de l'individu, les flancs sont teintés de jaune et le ventre est blanchâtre ..... *Delphis delphis* (Dauphin commun)

— Animal ayant une tête au profil fusiforme et n'ayant pas de bec distinct 16

16 (15) Gros Dauphin (taille variant entre 2 et 4,5 m) caractérisé par une tache pâle autour de l'évent; le bec, court, est de teinte claire et les flancs sont marqués par une tache blanche qui s'étend jusque bien en avant de la dorsale ..... *Lagenorhynchus albirostris* (Dauphin à nez blanc)

— Gros Dauphin au bec foncé et ne portant pas de tache pâle autour de l'évent. Une fine raie, qui s'étend de l'oeil jusqu'à la naissance de la pectorale, traverse de nombreuses taches blanches *au-dessus* de cette dernière. La partie blanche des flancs s'étend jusqu'au bord antérieur de la dorsale, mais sans remonter jusqu'à celle-ci. Sur les flancs arrière, la tache blanche est plutôt une raie étroite qui ne monte pas jusqu'à l'arrière de la dorsale comme c'est le cas chez les autres espèces ..... *Lagenorhynchus acutus* (Dauphin à flancs blancs)

17 (1) Phoque dont le pelage est gris bleuâtre à l'arrière et est parsemé d'anneaux, de courants et de boucles blanchâtres ainsi que de taches noirâtres et de marques irrégulières ..... *Phoca vitulina* (Phoque commun)

— Phoque au pelage gris foncé, presque noirâtre chez les mâles, mais plus clair chez les femelles, et portant de petites taches gris pâle sur les flancs. Le ventre des femelles peut être blanchâtre, mais leur dos et leurs flancs sont parsemés de taches gris foncé ou noirâtres. Vu de profil, le crâne ressemble à celui d'un cheval ..... *Halichoerus grypus* (Phoque gris)

Observation des Cétacés en mer (fig. 27)

Objectifs

Par l'étude attentive et fréquente des Cétacés en mer, l'observateur peut augmenter la masse des connaissances sur leur comportement général, alimentaire et sexuel, leurs migrations journalières et saisonnières, la taille et la composition des populations et les cycles respiratoires. Il peut même retracer les migrations d'individus donnés sur de longues périodes en notant la présence de cicatrices particulières ou de marques naturelles similaires. En outre, l'emploi concurrent de cartes et de matériel océanographique permet d'établir les liens existant entre les aires d'alimentation et les limites des courants, la topographie sous-marine et les cycles des marées.

Le choix de la méthode d'observation dépend de l'emplacement, des espèces étudiées, des conditions météorologiques et enfin, dernier facteur qui est loin d'être le moindre, des ressources financières dont disposent les observateurs. Entre 1970 et 1982, le coût d'affrètement d'un navire de dimensions moyennes à la journée est passé de 40 à 300 $, et tout porte à croire qu'il continuera d'augmenter. De plus, il est évident que l'augmentation du prix du carburant et des coûts d'exploitation des petits avions ou des hélicoptères en fait des outils inaccessibles aux amateurs sauf, bien sûr, ceux qui profitent de la prodigalité de bailleurs de fonds compréhensifs.

Les secteurs littoraux sont propices à l'observation des Cétacés et des Marsouins à partir d'embarcations de toutes tailles. Toutefois, plus les passagers sont nombreux, plus le navire doit être grand, car chacun sait qu'il est dangereux de surcharger une embarcation. Si la question financière n'entre pas en ligne de compte, il est recommandé de choisir une embarcation de taille moyenne (12 à 15 m de long par exemple) propulsée par un moteur intérieur basse fréquence à régime lent.

Comment approcher les mammifères marins

Les Phoques au repos sur un banc de récifs plongent invariablement à l'approche d'un navire en marche et n'y retournent qu'une fois le calme revenu. Il est beaucoup

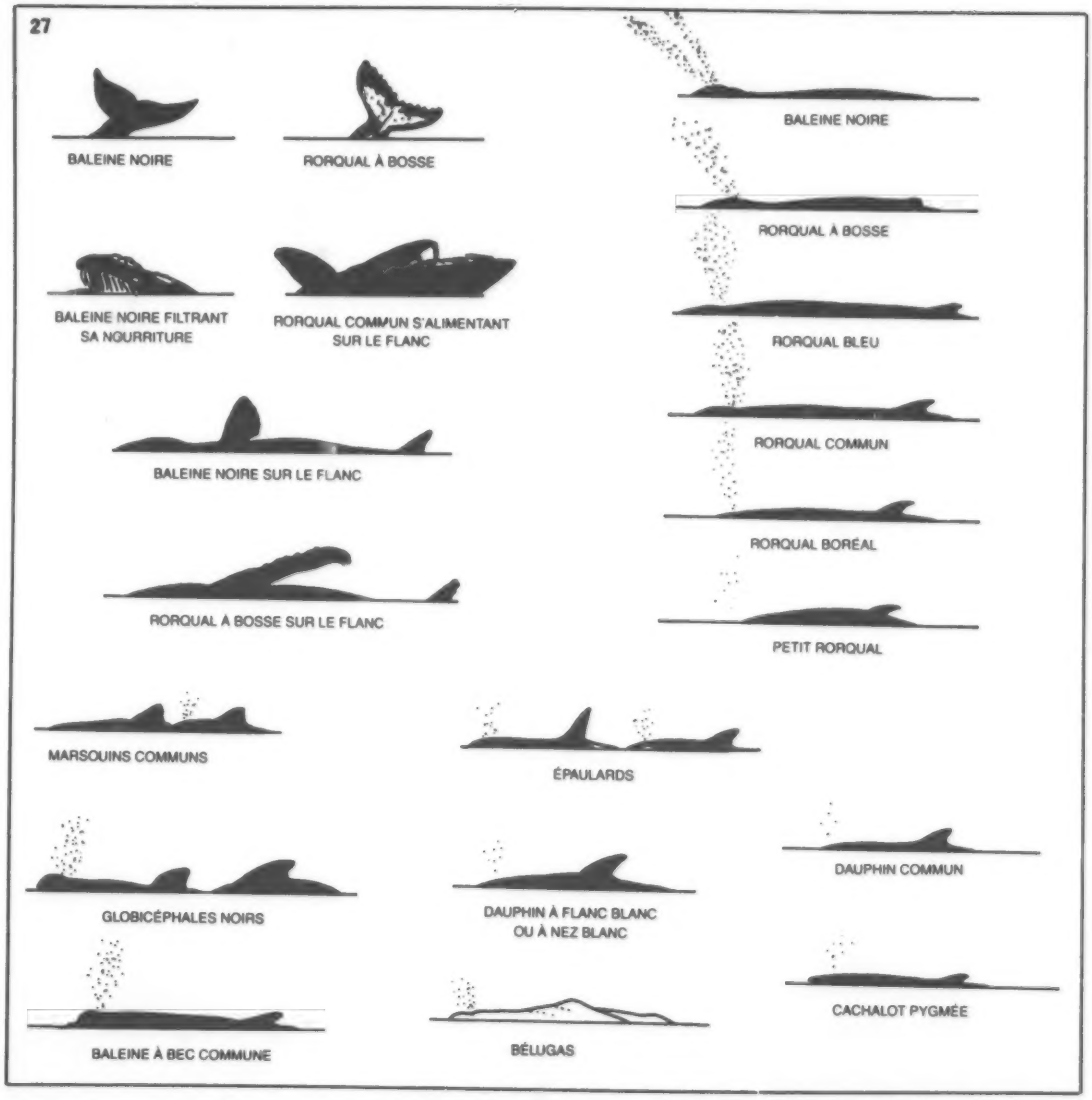


FIG. 27. Quelques illustrations facilitant l'identification des Cétacés et des Dauphins en mer.

plus sage de stopper le moteur à quelque 200 à 300 m en amont du banc de récifs et de dériver lentement en direction des animaux à observer, qui se sentiront beaucoup moins menacés. Cette méthode facilite la photographie, l'observation détaillée et le dénombrement des spécimens.

Les Marsouins communs se tiennent presque toujours à bonne distance d'une embarcation en marche. Il n'existe pratiquement qu'un moyen pour photographier ces farouches animaux, soit la dérivation pendant de longues heures dans les zones où ils se concentrent pour se nourrir. D'autres espèces, telles que le Rorqual à bosse et le Rorqual commun, ne semblent pas être dérangées par la présence d'un bateau, bien qu'un petit hors-bord bruyant puisse les faire fuir. Le Petit rorqual, le Globicéphale noir et le Dauphin à flancs blancs, espèce nomade, sont cependant très attirés par les bateaux et les côtoient parfois de très près. Parmi les espèces de Dauphins reconnus pour leur propension à accompagner les navires, aucune n'est répandue dans la baie de Fundy. S'il est jugé nécessaire d'observer les Cétacés de plus près, le moteur de l'embarcation doit fonctionner à régime *bas et constant*. En effet, les variations soudaines du régime du moteur effraient presque toujours ces animaux, qui sont constamment en alerte grâce à leur système de détection acoustique.

Au premier chef, il importe de *rester tranquille* pendant les observations (habituellement, cela signifie aussi d'éviter de se déplacer constamment à bord de l'embarcation pour trouver un meilleur angle de prise de vues.) Il est conseillé de trouver une position optimale et de la maintenir. Les sons aigus, comme ceux produits par les appareils photo ou les jumelles heurtant les murs de la timonerie ou de bottes à semelle dure martelant le pont se propagent beaucoup plus facilement dans l'eau que dans l'air. Les efforts consentis pendant une longue demi-heure pour dériver jusqu'à un poste d'observation favorable peuvent être anéantis par un seul éclat de voix ou bruit perçant.

Matériel d'observation

Matériel de photographie — Dans l'eau, les Cétacés sont malheureusement des sujets très peu photogéniques. C'est pourquoi il faut tirer le meilleur profit possible du matériel disponible. Les appareils photo de type Instamatic, peu coûteux, qui sont habituellement pourvus d'un objectif semi-grand-angulaire propice à la photographie de groupes ou de paysages, ne sont généralement d'aucune utilité pour l'observation des Cétacés. Même une diapositive ou une photographie prise à l'aide d'un reflex mono-objectif à objectif normal de 50 mm est ordinairement très décevante. Un téléobjectif d'une distance focale d'au moins 135 mm, et préférablement de 200 ou 300 mm, s'avère essentiel. L'emploi de téléobjectifs à distance focale plus grande produit des flous, à moins que la vitesse d'obturation ne soit très élevée. Le comportement des animaux intervient également : la position du soleil et l'inclinaison de ses rayons par rapport aux sujets entraînent de grandes variations de l'intensité de la lumière, car il s'agit de sujets mobiles évoluant dans des conditions d'éclairement variable. Habituellement, le Marsouin reste moins d'une seconde en surface pour respirer, même si cet intervalle peut paraître plus long à l'oeil nu. Étant donné que le temps de réaction de l'humain est de 0,2 s au bas mot, cela laisse peu de temps pour la visée, la mise au point, le réglage de l'ouverture du diaphragme et de la vitesse d'obturation et la prise de vue. C'est alors qu'un appareil entièrement automatique se révèle très précieux, particulièrement s'il est équipé d'un moteur qui permet d'éviter les pertes de temps causées par l'avance manuelle du film.

Jumelles — Au cours d'une journée, l'observateur passe plusieurs heures à rechercher les spécimens à l'aide de jumelles. Il est donc souhaitable que celles-ci soient appropriées à l'usage auquel elles sont destinées.

Avant tout, les jumelles doivent être légères. On peut fabriquer un support en forme de T auquel sont fixées les jumelles et qu'on peut tenir des deux mains à la hauteur de la poitrine ou de la taille. Étant donné que les observations ont lieu en mer, il est peu utile d'employer des jumelles à très grand pouvoir grossissant, qui ne font qu'amplifier les mouvements et accentuer le mal de mer chez ceux qui y sont sujets. Des jumelles 7 × 35 ou 7 × 50 sont très acceptables. Toute équipe d'observateurs devrait disposer d'au moins une paire de jumelles grand-angulaires. Une paire de jumelles 7 × 50 offre un champ de vision de 150 à 200 m (165 à 220 verges) de large à 1 000 m de distance.

Prise de notes — Les rafales de vent et les embruns, qui frappent sans prévenir, font obstacle à la prise de notes en mer. La protection assurée aux carnets ou aux blocs-notes par une chemise-plaquette à pince recouverte de vinyle vaut la dépense. Au contact de l'eau salée, la plupart des encres sont délébiles, même celles des marqueurs et des stylos-bille, de sorte qu'il faudrait toujours employer un crayon à mine.

La plupart des observateurs préfèrent enregistrer leurs notes sur bande magnétique pour transcription ultérieure. Nombre d'observations fortuites seraient autrement impossibles à noter. Deux remarques méritent cependant d'être faites à ce propos : 1) la transcription des enregistrements exige toujours beaucoup plus de temps et de travail qu'on ne le pense, et 2) l'absence d'un détail important, comme l'heure ou la date d'une observation, se voit facilement dans un bloc-notes simplement en le feuilletant, mais cela n'est pas aussi facile dans le cas d'un enregistrement, car ce n'est qu'au moment de la transcription, ou parfois beaucoup plus tard, qu'on peut constater l'absence de données. À ceux qui emploient l'enregistrement, il est conseillé d'établir un protocole standard et de le relire avant chaque série d'observations.

Les observateurs amateurs ont souvent la tentation d'introduire dans l'eau un microphone protégé par un capuchon de fortune pour essayer d'enregistrer les sons émis par les Cétacés ou les Dauphins. À tout coup, ces expériences sont totalement inutiles, si ce n'est pour capter le bruit des bottes sur le pont, de voix déformées et de l'eau qui clapote contre la quille du bateau; à la rigueur, elles pourraient toujours servir à amuser les invités au cours d'une réception.

Lieux d'observation des mammifères marins (fig. 28 et 29)

Des mammifères marins peuvent être aperçus d'à peu près n'importe quel endroit propice sur les côtes du secteur intérieur de la baie de Fundy si les observateurs font preuve de suffisamment de patience. Mais les endroits d'où l'on peut *s'attendre* à en voir sont plus rares.

Les Phoques communs évoluent presque toujours, en petit nombre, près du récif Niger, juste au large de l'île Navy, non loin de St. Andrews. On peut aussi les voir fréquemment[2] près de l'île Minke, juste au nord de Leonardville, sur la côte ouest de l'île Deer et près de l'anse Cummings, sur la côte de l'île Deer qui donne sur le passage Western.

Ceux qui disposent d'un navire de haute mer peuvent traverser la baie Passamaquoddy et le passage Letite en direction de Blacks Harbour puis bifurquer pour passer à la hauteur de l'île Whitehorse, où nichent des colonies d'oiseaux, et mettre le cap sur le phare d'East Quoddy, à l'extrémité nord de l'île Campobello; en été, cet itinéraire permet presque toujours d'observer quelques troupeaux

[2]Peut-être dérangé par les pêcheurs à la senne, le Phoque commun était absent en 1979.

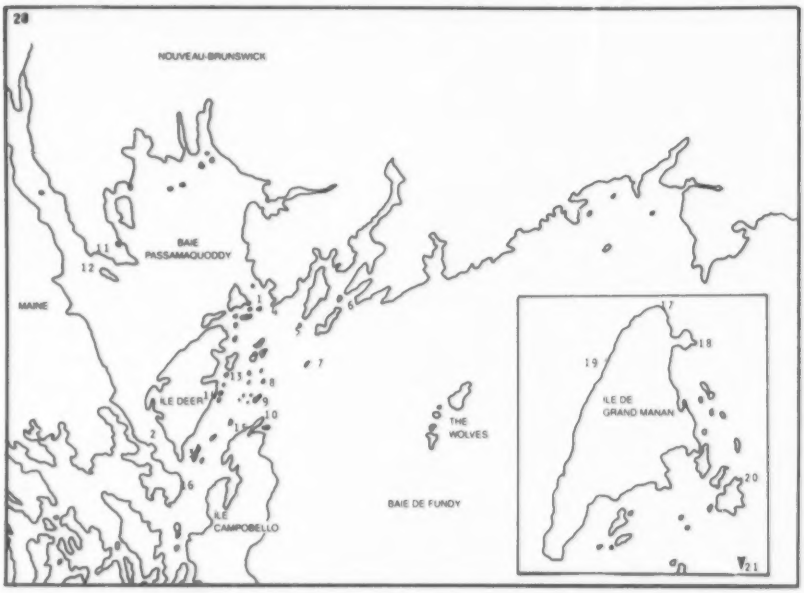


FIG. 28. Lieux d'observation des Cétacés, Dauphins et Phoques mentionnés dans le texte : 1) passage Letite; 2) passage Western; 3) pointe Deer Island; 4) phare de la pointe Green (Letete); 7) île Whitehorse; 8) île White; 9) île Spruce; 10) phare d'East Quoddy; 11) St. Andrews; 12) récif Niger, île Navy; 13) bancs de récifs de l'île Mink; 14) Leonardville; 15) passage Head Harbour; 16) Eastport; 17) cap Northern et pointe Ashburton; 18) cap Swallow Head; 19) Dark Harbour; 20) cap Sheep Rock; 21) hauts-fonds Brazil et Old Proprietor (hors carte).

de Marsouins communs et, exceptionnellement, quelques Petits rorquals et Rorquals communs. De la fin juin à la fin septembre, des troupeaux de Marsouins communs (qui sont plutôt difficiles à voir, quelle que soit la distance) peuvent être aperçus lorsque la mer est calme. On ne doit pas s'attendre à voir des Rorquals communs avant la mi-juillet, mais ceux-ci restent dans la région jusqu'à la fin de septembre.

Sur les côtes, les points d'observation avantageux ne sont pas légion. Le phare de la pointe Green (Letite), à l'extrémité ouest du passage Letite, est accessible par voie de terre et on peut y surveiller toute l'entrée du passage. Dans l'île de Grand Manan, le cap Northern, le cap Swallowtail et Dark Harbour sont des lieux propices à l'observation du Rorqual commun, parfois accompagné de spécimens d'autres espèces, ainsi que du Marsouin commun, presque toujours nombreux dans ces parages. Le terrain de camping situé à l'extrémité sud de l'île Deer est un bon point d'observation des Marsouins communs qui empruntent le passage Western entre l'île et Eastport, sur la côte du Maine. Dans la région, les Marsouins ne sont pratiquement observables qu'entre juin et octobre. Comme nous l'avons mentionné précédemment, quelques spécimens y passent l'hiver (on en a vu pendant tous les mois de l'année dans le secteur de l'île Deer.)

Le Rorqual commun évolue parfois aux abords du passage Head Harbour, et on peut le voir à partir du phare d'East Quoddy, accessible par la route, en regardant en direction des îles White et Spruce et de The Wolves. Il gagne parfois le passage Western. Le Petit rorqual peut apparaître n'importe où dans le secteur extérieur de la région de Quoddy et, moins souvent, dans la baie Passamaquoddy même. Ces dernières années, la Baleine noire a été vue près de The Wolves et, plus rarement, aux abords du passage Head Harbour. On en a vu, ainsi que des Rorquals communs et probablement des Rorquals à bosse, entre 1975 et 1977 aux environs du haut-fond Old Proprietor, au large de la côte sud-est de Grand Manan, secteur dangereux pour les navigateurs qui n'y sont pas habitués. En traversant cette zone, il faut rester bien au large de l'axe reliant la cloche du cap Sheep Rock et celle du haut-fond Old Proprietor. Au jusant, les clapotis peuvent être violents et, donc, dangereux pour les petites embarcations, selon les conditions du vent.

Avertissement aux observateurs

SÉCURITÉ

La condition première du choix d'une embarcation pour ce genre d'activité doit être sa navigabilité et sa capacité de transporter le nombre de passagers prévu. *Il importe de vérifier l'état du matériel de sécurité avant chaque sortie et non pas seulement une fois par semaine, car on pourrait très bien avoir besoin des gilets de sauvetage en mer et se rendre compte que quelqu'un les a retirés pour les laisser sécher sans avertir personne.*

Les observateurs qui prévoient s'éloigner de St. Andrews doivent *toujours* réserver les services de quelqu'un qui possède une connaissance approfondie de la région de

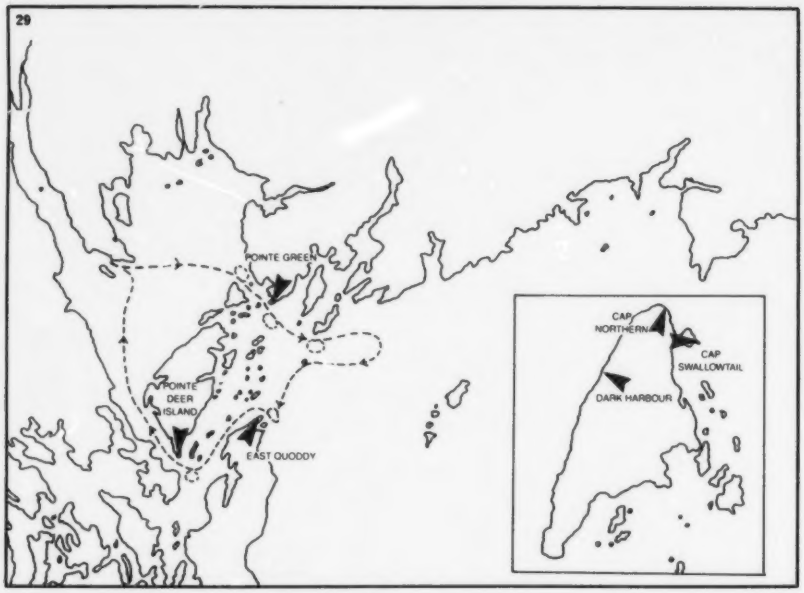


FIG. 29. Points d'observation avantageux d'où les Cétacés peuvent être observés à l'occasion, soit à l'oeil nu, soit avec des jumelles.

Quoddy. Les conditions météorologiques peuvent changer brusquement, même en été, et les signes précurseurs de ces revirements passent souvent inaperçus pour le navigateur non averti. Lorsque le vent tourne à l'est, le brouillard peut envelopper tout le secteur extérieur de la région de Quoddy en moins d'une demi-heure. Les secteurs des îles Deer, Campobello et Grand Manan sont parsemés de chenaux et de récifs submergés qui ne sont pas toujours marqués de façon évidente. La marée, d'une très grande amplitude dans cette région, n'est pas un facteur à négliger : un récif qui se voit facilement à marée basse peut passer inaperçu et avoir été oublié à mi-marée.

En temps normal, il y a peu de risques de collision entre une embarcation et un Cétacé de grande taille. Même un animal curieux reste presque toujours à quelques mètres de distance d'une embarcation. Toutefois, les intéressés doivent s'assurer que les animaux connaissent leur position en tout temps.

Après tout, les mammifères marins sont des animaux *très* lourds. Les observateurs qui se trouvent à proximité de Rorquals à bosse et de Baleines noires qui commencent à s'ébattre (autrement dit à bondir complètement ou partiellement hors de l'eau) doivent s'éloigner. En outre, il faut se tenir à bonne distance d'un Rorqual à bosse ou d'une Baleine noire femelle accompagnée d'un petit si l'on est à bord d'une embarcation de petites ou de moyennes dimensions, car l'animal pourrait se montrer inamical. Il faut également éviter de déranger des Rorquals à bosse qui semblent être en voie d'accouplement. Sauf en ces occasions, plutôt rares, les gros Cétacés sont sans aucun doute parmi les grands mammifères les plus inoffensifs, si l'on en croit les naturalistes qui les ont observés de près.

PERTURBATION DE PROGRAMMES SCIENTIFIQUES

Enfin, une dernière recommandation. Des programmes intensifs d'observation et d'expérimentation scientifiques portant sur les Cétacés et les Marsouins sont exécutés dans la baie de Fundy depuis 1969. Avant de commencer une expédition d'observation et de photographie rapprochée de Cétacés, il est conseillé de s'informer si un programme scientifique officiel n'est pas en cours dans le secteur visé. L'arrivée à un endroit donné de toute embarcation pilotée par quelqu'un qui ne connaît beaucoup les moeurs des mammifères marins — et cela comprend la plupart des pêcheurs locaux, même si ceux-ci affirment le contraire (toutefois, quelques pêcheurs sont très compétents en cette matière) — peut perturber grandement une série d'observations ou d'enregistrements en raison du bruit du moteur ou de la fuite des animaux. Les groupes suivants font des recherches dans la baie de Fundy : l'Université de Guelph, la station de recherche de Grand Manan, Ocean Search (Dr Gaskin), l'Aquarium de la Nouvelle-Angleterre, Boston (Dr Prescott ou S. Kraus), l'Université du Nouveau-Brunswick à Saint-Jean (Dr Terhune) et l'Université du Maine (Dr Gilbert). Les personnes mentionnées ci-dessus se feront un plaisir de porter assistance à tout groupe intéressé.

HARCÈLEMENT DES MAMMIFÈRES MARINS

La perturbation continue des mammifères marins peut déranger grandement leur comportement alimentaire. Au Canada, il est strictement interdit de faire des expériences avec des mammifères marins ou d'en capturer, morts ou vifs, à moins de posséder un permis délivré

par le Service des pêches et de la mer en vertu des articles pertinents de la *Loi sur les pêcheries*. Au surplus, ces permis sont délivrés seulement lorsque les objectifs et les modalités du programme en question ont été approuvés.

Alors que les législateurs américains ont prévu cette éventualité, le Canada ne possède pas de loi qui interdise explicitement le harcèlement des mammifères marins. Cependant, la Société de protection des animaux ou les autorités policières peuvent poursuivre les personnes qui dérangent ces animaux en vertu de différents articles de loi qui prévoient des peines d'emprisonnement ou des amendes. Bien que les fervents de l'observation des mammifères marins ne les dérangent pas intentionnellement, ils peuvent facilement leur nuire, par exemple en les côtoyant à plusieurs reprises à bord d'un petit hors-bord puissant et très bruyant.

Références

ALLEN, K.R. 1971. A preliminary assessment of fin whale stocks off the Canadian Atlantic coast. Rep. Int. Whal. Comm. 21 : 64–66.

ARNOLD, P.W. 1972. Predation on harbour porpoise, *Phocoena phocoena*, by a white shark, *Carcharodon carcharias*. J. Fish. Res. Board Can. 29 : 1213–1214.

ARNOLD, P.W. ET D.E. GASKIN. 1972. Sight records of right whales (*Eubalaena glacialis*) and finback whales (*Balaenoptera physalus*) from the lower Bay of Fundy. J. Fish. Res. Board Can. 29 : 1477–1478.

1975. Lungworms (*Metastrongyloide*, *Pseudaliidae*) of harbour porpoise *Phocoena phocoena*. Can. J. Zool. 53 : 713–735.

BRODIE, P. 1975. Cetacean energetics, an overview of intraspecific size variation. Ecology 56 : 152–161.

FISHER, H.D. ET R.J. HARRISON. 1970. Reproduction in the common porpoise (*Phocoena phocoena*) of the North Atlantic. J. Zool. (Lond.) 161 : 471–486.

GASKIN, D.E. 1976. Evolution, zoogeography, and ecology of Cetacea. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev. 14 : 247–346.

1977. Harbour porpoise *Phocoena phocoena* (L.) in the western approaches to the Bay of Fundy 1969–75. Rep. Int. Whal. Comm. 27 : 487–492.

1978. Form and function in the digestive tract and associated organs in Cetacea, with a consideration of metabolic rates and specific energy budgets. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev. 16 : 312–345.

GASKIN, D.E., P.W. ARNOLD ET B.A. BLAIR. 1974. *Phocoena phocoena* L. Mammalian species. Soc. Mammal. NS 42 : 1–8.

GASKIN, D.E. ET B.A. BLAIR. 1977. Age determination of harbour porpoise, *Phocoena phocoena* (L.), in the western North Atlantic. Can. J. Zool. 55 : 18–30.

GASKIN, D.E., R. FRANK, M. HOLDRINET, K. ISHIDA, C.J. WALTON ET M. SMITH. 1973. Mercury, DDT, and PCB in harbour seals (*Phoca vitulina*) from the Bay of Fundy and Gulf of Maine. J. Fish. Res. Board Can. 30 : 471–475.

GASKIN, D.E., M. HOLDRINET ET R. FRANK. 1971. Organochlorine pesticide residues in harbour porpoises from the Bay of Fundy region. Nature 233 : 499–500.

1976. Five year study of DDT levels in harbour porpoises from the Bay of Fundy, 1969–1973. Int. Conf. Mar. Mamm. OAA, Bergen, Norvège. Août–Sept. 1976 : 4 p.

GASKIN, D.E., K. ISHIDA ET R. FRANK. 1972. Mercury in harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) from the Bay of Fundy region. J. Fish. Res. Board Can. 29 : 1644–1646.

GASKIN, D.E., G.J.D. SMITH ET A.P. WATSON. 1975. Preliminary study of movements of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in the Bay of Fundy, using radio telemetric methods. Can. J. Zool. 53 : 1466–1471.

GASKIN, D.E., K.I. STONEFIELD, P. SUDA ET R. FRANK. 1979. Changes in mercury levels in Harbour porpoises from the Bay of Fundy, Canada, and adjacent waters during 1969–1977. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 8 : 733–762.

GERACI, J.R. 1975. A mass stranding of Atlantic white-sided dolphins, *Lagenorhynchus acutus*, in Lingley Cove, Maine. Univ. Calif. Santa Cruz, Conf. Biol. Cons. Mar. Mammals. Abs. Santa Cruz, CA. Dec. 4–7, 1975 : 35.

GILPIN, J.B. 1875. On the smaller cetaceans inhabiting the Bay of Fundy and shores of Nova Scotia. Proc. N.S. Inst. Nat. Sci. 4 : 21–34.

HALINA, W.G. ET D.E. GASKIN. 1978. The coronary system of the harbour porpoise *Phocoena phocoena* (L.). Can. J. Zool. 56 : 1643–1653.

HEDGES, N.A., D.E. GASKIN ET G.J.D. SMITH. 1979. Renal morphology and renal vascular system of the harbour porpoise *Phocoena phocoena* (L.). Can. J. Zool. 57 : 868–875.

HILTON, J.W. ET D.E. GASKIN. 1978. Comparative volumes and vascular microanatomy of the intrahepatic venous system of the harbour porpoise, *Phocoena phocoena* (L.). Can. J. Zool. 56 : 2292–2298.

KATONA, S.K. 1975. Whales in the Gulf of Maine, 1975. Gulf of Maine Whale Sighting Network, College of the Atlantic, Bar Harbor, ME. 22 p.

KATONA, A.K., D. RICHARDSON ET R. HAZARD. 1975. A field guide to the whales and seals of the Gulf of Maine, Maine Coast Printers, Rockland, ME. 97 p.

LEATHERWOOD, S., D.K. CALDWELL ET H.E. WINN. 1976. Whales, dolphins and porpoises of the western North Atlantic : A guide to their identification. NOAS Tech. Rep. NMRS Circ. 396 : 176 p.

LIEN, J. ET B. MERDSOY. 1979. The humpback is not over the hump. Nat. Hist. 88 : 46–49.

LOUISY, M.V. 1973. The anatomy and histology of the adrenal glands of *Phocoena phocoena* L. Thèse de maîtrise, Université de Guelph, Guelph (Ont.). 97 p.

MANSFIELD, A.W. 1967. Seals of Arctic and eastern Canada. Bull. Fish. Res. Board Can. 137 : 1–35.

MANSFIELD, A.W. ET B. BECK. 1977. The Grey seal in eastern Canada. Fish. Mar. Serv. Tech. Rep. 704 : 1–81.

MERTENS, G.A. 1975. Morphology and histology of the parathyroid gland of the harbour porpoise (*Phocoena phocoena* L.). Thèse de maîtrise, Université de Guelph, Guelph (Ont.). 70 p.

MITCHELL, E. 1974. Present status of northwest Atlantic fin and other whale stocks, p. 108–169. *Dans* W.E. Schevill [éd.]. The whale problem. Harvard University Press, Cambridge, MA. 419 p.

MOORE, J.C. ET E. CLARKE. 1963. Discovery of right whales in the Gulf of Mexico. Science 141 : 269.

NORRIS, K.S. [ÉD.]. 1961. Standardized methods for measuring and recording data on the smaller cetaceans by the Committee on Marine Mammals, American Society of Mammalogists. J. Mammal. 42 : 471–476.

REEVES, R.R., J.G. MEAD ET S. KATONA. 1978. The right whale, *Eubalaena glacialis*, in the western North Atlantic. Rep. Int. Whale Comm. 28 : 303–312.

ROWLATT, U.M. ET D.E. GASKIN. 1975. Functional anatomy of the heart of the harbour porpoise *Phocoena phocoena* (L.). J. Morphol. 146 : 479–494.

SCHEFFER, V.G. [ÉD.]. 1967. Standard measurements of seals by the Committee on Marine Mammals, American Society of Mammalogists. J. Mammal. 48 : 459–462.

SCHEVILL, W.E., W.A. WATKINS ET C. RAY. 1969. Click structure in the porpoise, *Phocoena phocoena*. J. Mammal. 50 : 721–728.

SERGEANT, D.E. 1977. Stocks on Fin whales *Balaenoptera physalus* L. in the North Atlantic Ocean. Rep. Int. Whal. Comm. 27 : 460–473.

SERGEANT, D.E. ET H.D. FISHER. 1957. The smaller Cetacea of eastern Canadian waters. J. Fish. Res. Board Can. 14 : 83–115.

SERGEANT, D.E., A.W. MANSFIELD ET B. BECK. 1970. Inshore records of Cetacea for eastern Canada, 1949–68. J. Fish. Res. Board Can. 27 : 1903–1915.

SMITH, G.J.D. 1972. The stomach of the harbour porpoise *Phocoena phocoena* L. Can. J. Zool. 50 : 1611–1616.

SMITH, G.J.D., K.W. BROWNE ET D.E. GASKIN. 1976. Functional myology of the harbour porpoise, *Phocoena phocoena* (L.). Can. J. Zool. 54 : 716–729.

SMITH, G.J.D. ET D.E. GASKIN. 1974. The diet of harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) in coastal waters of eastern Canada, with special reference to the Bay of Fundy region. Can. J. Zool. 52 : 772–782.

WATKINS, W.A. ET W.E. SCHEVILL. 1976. Right whale feeding and baleen rattle. J. Mammal. 57 : 58–66.

WATSON, A.P. 1976. Behaviour and distributional ecology of harbour porpoise in the Fish Harbour region of southern New Brunswick. Thèse de maîtrise, Université de Guelph, Guelph (Ont.). 91 p.

YASUI, W.Y. 1980. Morphometrics, hydrodynamics and energetics of locomotion for a small cetacean, *Phocoena phocoena* (L.). Thèse de maîtrise, Université de Guelph, Guelph (Ont.). 86 p.

YURICK, D.B. 1977. Populations, subpopulations, and zoogeography of the harbour porpoise, *Phocoena phocoena* (L.). Thèse de maîtrise, Université de Guelph, Guelph (Ont.). 148 p.

CHAPITRE 17

Forêt côtière de la région de la baie Passamaquoddy

HAROLD HINDS

Université du Nouveau-Brunswick, Fredericton (N.-B.)

Introduction

La forêt côtière de la région de la baie de Quoddy est le produit très variable de la conjugaison de phénomènes maritimes et terrestres. Elle est ici définie comme la forêt — ou la végétation dominante au-dessus de la laisse de haute mer de toutes les marées — qui s'étend vers l'intérieur des terres jusqu'à ce que l'influence de la mer et les communautés biotiques qui lui sont associées deviennent des éléments négligeables de l'écosystème (Dickinson, 1977). Elle constitue une zone de transition entre les zones tidale et terrestre, caractérisée dans son ensemble par une grande diversité d'espèces, reflet de conditions écologiques moins extrêmes et de la multiplicité des niches écologiques.

La végétation de la région de la baie de Quoddy, au sud-ouest du Nouveau-Brunswick, a été façonnée par de nombreux facteurs, notamment glaciaires, climatiques, géologiques et historiques (humains) et a été modifiée par le feu, la maladie, la sécheresse, le vent, les embruns salés, les taux de migration des plantes et la disponibilité des sources de graines. Le hasard a également influé sur la répartition de la végétation.

Histoire post-glaciaire

Les études palynologiques des sédiments lacustres de la région révèlent que la végétation a changé en profondeur depuis le dernier maximum glaciaire, environ 15 000 ans A.A. La succession des types de végétation a commencé res comportant de nombreux comportant de nombreux arbrisseaux et graminées probablement étroitement reliés aux taxons actuels de la toundra arctique. Cette situation a duré environ 600 ans, après quoi le Bouleau et le Peuplier sont devenus dominants. La végétation a ensuite connu des règnes de l'Épinette. Par la suite, le Pin, le Bouleau et d'autres feuillus, dont le Chêne, l'Ostryer de Virginie, le Frêne et l'Érable, ont pris de l'importance. Environ 6 600 ans A.A., le règne de la Pruche a commencé et celui du Pin a pris fin jusqu'à environ 5 500 ans A.A., époque où le Hêtre et d'autres feuillus ont pris la relève. Vers 2 000 ans A.A., la Pruche est redevenue importante avec les feuillus et certaines espèces de Pin. Enfin, l'Épinette a dominé de nouveau et la Pruche a perdu beaucoup d'importance (Mott, 1974).

Climat

Le climat actuel se caractérise par des printemps tardifs et frais, des étés humides à fréquentes périodes de brouillard et des hivers modérés (chap. 2). Il engendre ainsi un habitat côtier semblable, à de nombreux égards, à celui des régions boréales et montagnardes, et la végétation en est un reflet remarquable. Les effets à long terme des tempêtes sont énormes, et leur importance comme facteurs écologiques est considérable. Les embruns salés transportés par le vent, qui engendrent l'accumulation d'ions chlorure de sodium, ne sont pas considérés comme faisant problème dans la plupart des peuplements côtiers en raison du lessivage par des pluies relativement fortes (Chapman, 1977) et de la nature abritée de la baie de Quoddy. La baie est relativement protégée des eaux libres de la baie de Fundy par les îles Deer et Campobello de même que par la presqu'île Mascarene. L'influence maritime diminue à mesure que l'on s'éloigne de la mer de façon plus exponentielle que linéaire (Dickinson, 1977).

Autres facteurs

Le feu a joué un rôle majeur dans la structure de la végétation actuelle, notamment dans les bas-plateaux adjacents. Dans la zone envahie par le brouillard, près de la côte, l'action du feu n'a pas été aussi marquante (Wein et Moore, 1977).

Pendant près de 200 ans, l'Homme a exercé des pressions considérables sur l'habitat. La majeure partie du bois commercialisable a été récoltée très tôt. D'après Wicklund et Langmaid (1953), ces terres agricoles sont de mauvaise qualité en raison de l'acidité et de l'empierrement excessifs du sol; cela n'a pas empêché les premiers colons de déboiser un fort pourcentage des terres les plus plates ou légèrement en pente pour en faire des pâturages, des prairies à foin et des emblavures. Certains pâturages sont encore utilisés et quelques bleuetières existent toujours, mais, depuis la fin des années 1930, la plupart de ces terres ont commencé à se retransformer en forêts d'Épinettes rouges ou d'Épinettes blanches et d'Aulnes. Des tills glaciaires recouvrent la majeure partie de la région, et les matériaux du sol sont par conséquent souvent étrangers à la roche sous-jacente. En de nombreux endroits, ces graviers d'épandage fluvio-glaciaire ont une texture grossière et une profondeur de plusieurs pieds. On retrouve souvent des affleurements rocheux dans la région.

Types forestiers

Loucks (1961) et Rowe (1972), dans leur classification des forêts de la région de la baie de Quoddy, ont recours à une terminologie différente qu'ils appliquent à des divisions forestières semblables. La section côte de Fundy de la région forestière acadienne selon Rowe (district Musquash de l'écorégion baie de Fundy selon Loucks) comporte la partie extérieure de la presqu'île de

St. Andrews, les îles Quoddy et la presqu'île Mascarene. L'Épinette rouge (*Picea rubens*) domine dans les sites relativement peu perturbés, avec une adjonction de Bouleaux jaunes (*Betula lutea*), de Sorbiers (*Sorbus americana*) et d'Érables rouges (*Acer rubrum*). L'Épinette rouge est l'espèce commune de repeuplement des terres agricoles abandonnées. Les Pruches (*Tsuga canadensis*), les Cèdres blancs (*Thuja occidentalis*) et les Pins blancs (*Pinus strobus*) sont rares dans cette section. On trouve, dans les bas-plateaux, des Érables à sucre (*Acer saccharum*) et des Hêtres (*Fagus grandifolia*), mais en petit nombre. Tout près de la côte se trouve une forêt mixte d'Épinettes blanches (*Picea glauca*), d'Épinettes noires (*Picea mariana*), de Sapins baumiers (*Abies balsamea*) et de Tamaracs (*Larix laricina*). Cette section se caractérise également par des tourbières hautes à sphaignes, formations rares dans la région de la baie de Quoddy. Le Tremble (*Populus tremuloides*), le Bouleau à papier (*Betula papyrifera*) et le Bouleau gris (*Betula populifolia*) ont repeuplé les anciens brûlis, l'Érable rouge ayant envahi les sites les plus humides.

Rowe inclut le reste de la région de la baie de Quoddy dans la section des bas-plateaux sud de la région forestière acadienne (district mont Pleasant de l'écorégion Magaguadavic-Hillsborough selon Loucks). Il s'agit d'une végétation de transition, comportant des éléments de la forêt de la côte de Fundy mêlés à des peuplements d'Érables à sucre, de Hêtres et de Bouleaux jaunes sur les bas-plateaux et à des peuplements d'Érables rouges, de Bouleaux à papier, de Sapins baumiers, d'Épinettes rouges, de Pins blancs et de Pruches poussant à des altitudes plus faibles. Sur beaucoup de ces sites, une longue suite d'incendies semble avoir favorisé la persistance des feuillus pionniers comme le Tremble et le Grand Tremble (*Populus grandidentata*), le Bouleau à papier et le Bouleau gris de même que l'Érable rouge. On trouve souvent des peuplements de Frênes noirs (*Fraxinus nigra*), d'Épinettes rouges, de Cèdres blancs et d'Érables rouges dans les marécages, tandis que ceux d'Épinettes noires ou de Tamaracs dominent dans les tourbières.

Dans la majeure partie de la région, le sous-bois comporte de nombreuses espèces de Fougères et d'autres plantes herbacées, montrant des affinités avec les forêts boréales plus au nord et avec la végétation des versants orientés vers le nord des bas-plateaux du centre du Nouveau-Brunswick. Les plantes vasculaires non arborescentes les plus répandues sont le Quatre-temps (*Cornus canadensis*), la Maïanthème du Canada (*Marianthemum canadense*), le Coptide du Groenland (*Coptis groenlandica*), l'Aralie à tige nue (*Aralia nudicaulis*), l'Aster acuminé (*Aster acuminatus*), l'Oxalide de montagne (*Oxalis montana*) et la Linnée boréale (*Linnaea borealis*). Les espèces buissonnantes importantes sont la Viorne cassinoïde (*Viburnum cassinoides*), le Némopanthe mucroné (*Nemophanthus murcronata*), les Airelles buissonnantes basses (*Vaccinium angustifolium, V. myrtilloides*) et le Kalmia à feuilles étroites (*Kalmia angustifolia*). L'Épilobe à feuilles étroites (*Epilobium angustifolium*) et le Ptéridium des aigles (*Pteridium aquilinum*) sont devenus des espèces dominantes à la suite d'incendies, de même que des espèces de *Rubus*, d'*Aster* et de *Solidago*.

Sites particuliers

Cap Kilmarnock

Généralités — Cette presqu'île qui s'avance dans la baie Quoddy est située en face de l'île Minister par rapport à la presqu'île de St. Andrews. L'un des meilleurs exemples de forêt côtière dans le voisinage de la baie Quoddy, elle n'est guère exploitée depuis une cinquantaine d'années.

Pour se rendre à Kilmarnock, emprunter l'embranchement de la route 127 du Nouveau-Brunswick près de la trappe de l'Institut de recherche sur le saumon située sur la rivière Chamcook, puis dépasser la trappe et continuer sur environ 3 km jusqu'à ce que l'embranchement devienne un chemin de gravier et qu'apparaissent de grandes roches plates du côté gauche. La baie se trouve près du bout de la route. En empruntant la route à droite, on s'approche de la plage par une ferme abandonnée où se trouvent de nombreux pommiers. Les vestiges de culture près d'une ancienne maison comprennent notamment des Hémérocalles (*Hemerocallis* sp.) et du Houblon commun (*Humulus lupulus*). La vaste colonie de Rosiers rugueux (*Rosa rugosa*) peut y avoir été plantée ou provenir de cultures du voisinage.

Cet emplacement se trouve du côté est du cap, le sommet étant orienté vers le sud (chap. 1, fig. 1). De la plage, on voit vers l'est le mont Anderson (175 m), situé sur le continent. On trouve, à droite, l'île Hardwood et une autre île à peine boisée, derrière lesquelles s'étend la presqu'île Mascarene et, finalement, l'île Deer, comme on peut le voir de l'extrémité du cap.

Il faut faire correspondre la visite avec la marée basse; ainsi, on peut contourner la falaise sur la plage et grimper aux rochers pour pénétrer dans la forêt, là où la falaise s'incline pour rejoindre le rivage (fig. 1). La végétation de ce cap a l'aspect général d'une forêt située à mi-versant des montagnes du nord de la Nouvelle-Angleterre ou du centre du Nouveau-Brunswick. Elle est nettement boréale, car elle comporte des arbres de hauteur moyenne, à l'air un peu chétif près de la côte, et est dominée par l'Épinette rouge, le Sapin baumier et le Bouleau à papier, avec, par-ci par-là, des Cèdres blancs et des Bouleaux jaunes. Le sous-étage se compose de Plaines bâtardes (*Acer spicatum*), d'Érables de Pennsylvanie (*Acer pensylvanicum*), de Némopanthes mucronés et de Viornes cassinoïdes. Près de la limite de la falaise, le Sorbier et l'Aulne blanc (*Alnus crispa*) se répandent. L'étage herbacé de la forêt, plus loin de la lisière de la falaise, se compose de tapis de Mousses et de Lichens (fig. 2), de Quatre-temps, de Trientales boréales (*Trientalis borealis*), d'Asters acuminés, d'Aralies à tige nue, de Gaulthéries hispides (*Gaultheria hispidula*), de Linnées boréales, de Lycopodes (*Lycopodium complanatum*) et de Violettes (*Viola* sp.). En automne, de nombreuses espèces de Basidiomycètes (champignons) se retrouvent dans l'ensemble de la région. Le sol est jonché d'un grand nombre d'Épinettes et de Sapins déracinés par le vent, leur cime pointant le plus souvent vers l'ouest ou le sud-ouest, indication de la direction des vents dominants.

FIG. 1. Cap Kilmarnock : rivage.

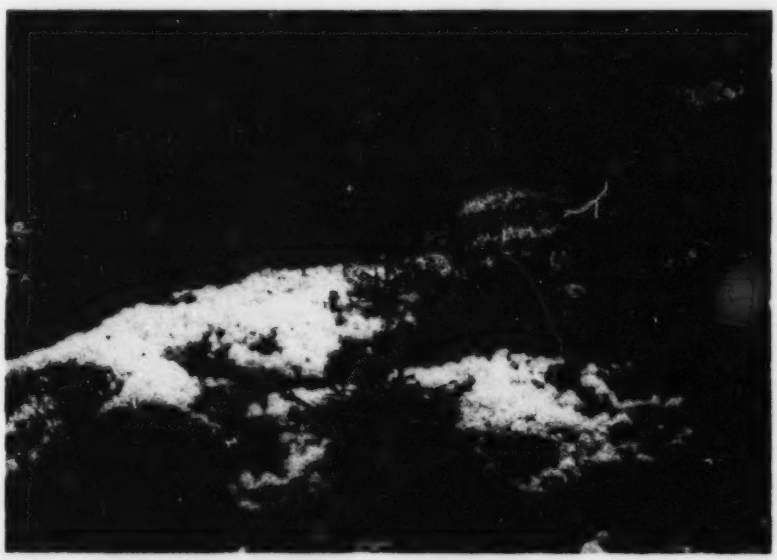


FIG. 2. Cap Kilmarnock : étage herbacé de la forêt.

Aspect des falaises — Les falaises du cap Kilmarnock deviennent de plus en plus hautes vers l'extrémité du cap, où elles atteignent une hauteur d'environ 20 m (fig. 3). On trouve, près de l'extrémité, une discordance intéressante, intercalée entre du latite à quartz et de l'andésite vers l'est et des grès rouges et des couches de conglomérats sus-jacentes vers l'ouest (fig. 4). La roche métamorphique est recouverte d'un manteau végétal plus épais que la roche sédimentaire. On semble pouvoir lier ce phénomène à la nature friable de la roche sédimentaire qui se désintègre facilement lorsqu'elle est exposée à des agents d'altération. La roche métamorphique plus dure se creuse de nombreuses crevasses stables où le sol s'accumule et où les plantes peuvent s'implanter solidement. La zone de tension au sommet de la falaise est peuplée de Spirées à larges feuilles (*Spiraea latifolia*), d'Asters à ombelles, d'Asters de la Nouvelle-Belgique (*Aster novi-belgii*), de Dièrevilles chèvrefeuilles (*Diervilla lonicera*), de Fétuques rouges (*Festuca rubra*), de Deschampsies cespiteuses (*Deschampsia caespitosa*), de Danthonies à épi (*Danthonia spicata*), de Campanules à feuilles rondes (*Campanula rotundifolia*), d'Achillées laineuses (*Achillea lanulosa*), de Verges d'or pubérulentes (*Solidago puberula*), de Verges d'or bicolores (*Solidago bicolor*), d'Épervières (*Hieracium* sp.) et d'Airelles vigne-d'Ida (*Vaccinium vitis-idaea*). Le couvert forestier est ici dominé par les peuplements de Sorbiers et d'Aulnes blancs.

La surface même de la falaise est recouverte de grandes plaques de Tripes de roches (*Umbilicaria papulosa*) et d'autres espèces de lichens foliacés, de Verges d'or bicolores, de Polypodes de Virginie (*Polypodium virginianum*), de Campanules à feuilles rondes, de Polytrics (*Polytrichum* sp.), de Spirées à larges feuilles et de Dièrevilles chèvrefeuilles, et est parsemée de quelques Cèdres blancs, Épinettes rouges, Bouleaux à papier et Sorbiers rabougris. La composition de cette communauté souligne la nature abritée de ce cap. Sur des roches moins bien protégées, comme au cap Barnaby, à environ 40 km à l'est, on trouve très peu de végétation sur les falaises, probablement en raison des effets des embruns soufflés par le vent. Aucune Camarine noire (*Empetrum nigrum*), plante remarquable qui indique habituellement les conditions environnementales extrêmes de balayage par le vent, ne se trouve sur les falaises de Kilmarnock, mais elles sont très abondantes à quelques kilomètres de là, au phare de Letete, et sont très répandues au cap Barnaby. On trouve également quelques plantes adaptées au sel au pied des falaises de Kilmarnock. Elles ne sont pas très communes et comprennent notamment le Perce-pierre (*Plantago maritima*), le Troscart maritime (*Triglochin maritima*) et la Verge d'or toujours verte (*Solidago sempervirens*).

On observe un changement intéressant de la végétation lorsque le substrat rocheux se transforme d'une roche métamorphique acide en une roche sédimentaire plus basale. Les Asters à feuilles cordées, les Campanules à feuilles rondes, les Achillées laineuses et les Verges d'or pubérulentes prennent énormément d'importance sur les grès et les conglomérats, tandis que les conifères en perdent, sauf le Cèdre blanc. Certaines espèces comme l'Épilobe (*Epilobium watsonii*) et l'Onagre parviflore (*Oenothera parviflora*) apparaissent tout d'abord le long de cette partie de la falaise. La forêt clairsemée au sommet est dominée par le Bouleau à papier et l'Érable de Pennsylvanie, le Cèdre blanc, le Sapin baumier et la Plaine bâtarde s'y trouvant occasionnellement. Le Sorbier et l'Aulne blanc y sont rares. L'étage herbacé comporte notamment l'Aster des bois, l'Aster à ombelles (*Aster umbellatus*), le Quatre-temps, la Pyrole unilatérale (*Pyrola secunda*), l'Aralie à tige nue, la Dennstaedtia à lobules ponctués (*Dennstaedtia punctilobula*) et des semis d'Érables et de Sapins baumiers. Le pH des échantillons de sol prélevés sur les côtés est et ouest de la discordance devrait être révélateur.

Johnson et Skutch (1928) ont décrit la végétation d'un cap exposé de l'île Mount Desert (Maine). Les zonations et la végétation qui les composent devraient se comparer avantageusement avec un cap comme le cap North dans l'île de Grand Manan ou le cap Barnaby sur le continent. Toutefois, bon nombre des plantes mentionnées par Johnson et Skutch se retrouvent au cap Kilmarnock. Il pourrait être révélateur, pour un étudiant intéressé, de comparer les deux régions.

FIG. 3. Falaises du cap Kilmarnock.

FIG. 4. Cap Kilmarnock : discordance près des falaises.

PROMONTOIRE OVEN (ÎLE OVENHEAD)

Généralités — On peut étudier plusieurs communautés sur une superficie relativement petite au promontoire Oven. On y trouve de bons exemples d'habitats de cordon littoral, de marais salé, de forêt côtière, d'ancien champ et de falaise (fig. 5, 6). Ce petit promontoire est situé au nord-est de St. Andrews dans le havre Digdeguash. On y accède par une route de terre partant de Bethel, non loin de la route 1 du Nouveau-Brunswick. Le promontoire est peuplé en grande partie de buissons et d'herbages clairsemés, certains endroits dispersés comportant des conifères et des feuillus de taille moyenne. Une étroite chaussée de graviers sépare le promontoire Oven de la terre ferme, lui donnant l'aspect d'une île. On y trouve une baie d'un côté et un marais salé de l'autre.

Le sol s'élève lentement à partir de la chaussée pour atteindre une hauteur maximale d'environ 30 m sur une falaise de conglomérats du Silurien supérieur et du Dévonien inférieur (Ruitenberg, 1968). L'endroit semble avoir servi un certain temps de terrain de camping, et l'on trouve des vestiges d'une ancienne ferme et d'un cimetière sur le cap. Les herbages sont probablement entretenus en partie par fauchage et en partie par les effets du vent et des embruns. La partie arrière (nord) du promontoire semble un peu plus protégée, et l'on y trouve des Épinettes rouges, des Bouleaux à papier, des Bouleaux jaunes, des Petits Merisiers (*Prunus pensylvania*) et des Pommiers communs (*Pyrus malus*), le sous-étage étant peuplé de Plaines bâtardes, de Sureaux bleus (*Sambucus pubens*), d'Aulnes rugueux (*Alnus rugosa*) et d'Amélanchiers (*Amelanchier* sp.). On trouve des Sumacs vinaigriers (*Rhus typhina*), des Épilobes à feuilles étroites, des Épervières et des espèces de *Rosa*, de *Carex*, de *Solidago* et d'*Aster* ainsi que plusieurs graminées hautes dans les régions dégagées. Le Genévrier commun (*Juniperus communis var. depressa*) fait également partie de cet ensemble. Il y a également une gradation intéressante entre les plantes des marais salés et les espèces des bois sur la rive abrupte où la base de la falaise rejoint le cordon littoral / marais salé (fig. 7).

Un petit promontoire attaché au promontoire Oven et s'avançant dans la baie présente un intérêt particulier en raison de la persistance d'un vestige de forêt côtière (fig. 8). Des peuplements d'Épinettes rouges et de Cèdres blancs y dominent, bon nombre d'arbres ayant été abattus par le vent et souffrant de l'exposition directe aux vents et aux embruns. Les autres plantes côtières caractéristiques sont l'Amélanchier, le Sorbier, le Sapin baumier, l'Aulne blanc, la Viorne cassinoïde et de nombreuses plantes herbacées comme l'Aster de la Nouvelle-Belgique (*Aster novi-belgii*), la Prenanthe trifoliolée (*Prenanthes trifoliolata*), la Luzule champêtre à fleurs multiples (*Luzula multiflora*), l'Aralie à tige nue, la Maïanthème du Canada, la Trientale boréale, la Verge d'or pubérulente et la Linnée boréale. Ces espèces sont mêlées à des halophytes envahissantes comme le Troscart maritime, la Verge d'or toujours verte, les Fétuques rouges, l'Airelle vigne-d'Ida et le Perce-pierre.

Les Cèdres blancs montrent tout particulièrement les effets des embruns salés soufflés par le vent et d'autres espèces trahissent à divers degrés la tension causée par l'érosion continue de leurs habitats et l'ouverture de la couverture morte aux effets asséchants du vent et à l'augmentation de la concentration des ions salés. Le Framboisier (*Rubus idaeus var. canadensis*) a envahi les espaces libres engendrés par cette perturbation.

Aspect de la falaise — Les falaises de conglomérats du cap Oven ont une végétation éparse en raison de la nature

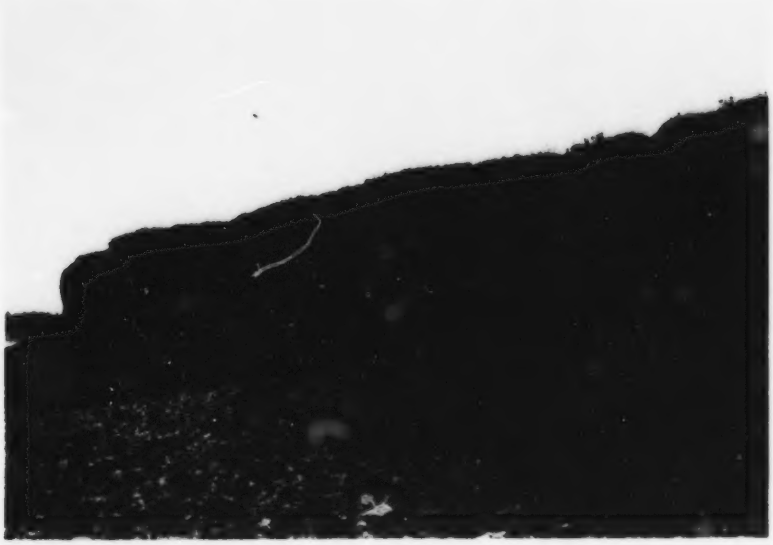


FIG. 5. Promontoire Oven : falaise de conglomérats.

FIG. 6. Promontoire Oven : rivage.

FIG. 7. Promontoire Oven : marais salé / cordon littoral et boisé.

friable du substrat (fig. 5). Aux endroits où la falaise s'incline plus graduellement, certaines plantes ont réussi à s'enraciner. Les espèces dominantes sont l'Achillée laineuse, la Campanule à feuilles rondes, la Fétuque rouge, le Rumex petite-oseille (*Rumex acetosella*), la Renouée *Polygonum arenastrum* et l'Onagre parviflore. Le Percepierre se retrouve près des secteurs inférieurs.

Suggestions d'étude

La forêt côtière est un site pratique et compact pour l'étude de facteurs écologiques, comme la disposition des communautés végétales, l'évolution du sol, le rôle du drainage comme élément de divers habitats, l'influence du pH du sol et les résultats de la concentration de certains ions, notamment ceux dérivés du chlorure de sodium. Lors de la planification d'une étude de la végétation côtière, il faut tenir compte des facteurs suivants : relevés sur le terrain, évaluations des sources existantes de données, objectifs de l'étude, ressources logistiques et contraintes temporelles.

On peut étudier la forêt côtière pour y trouver des sources de connaissances scientifiques en établissant des inventaires de base des organismes pour chercher à obtenir des renseignements sur leur distribution plutôt que des explications sur celle-ci. On peut également entreprendre des études relatives à la dynamique des communautés végétales ou à l'écologie de certaines espèces végétales d'une importance critique.

Étant donné qu'il est possible que de gros pétroliers traversent les eaux de la baie Quoddy, il faudrait entreprendre des études d'impact pour déterminer l'étendue probable des dommages causés à la végétation côtière en cas de déversement majeur d'hydrocarbures. Il serait tout aussi utile d'effectuer des études d'impact sur les effets des activités récréatives de l'Homme sur les falaises de la région de Quoddy.

Une autre possibilité d'étude consisterait à cartographier la répartition spatiale de traits morphologiques mineurs, dont des facteurs comme la déclivité, l'élévation, l'exposition et la stabilité de la surface et du substrat, qui exercent une influence majeure sur les communautés.

Les gradients écologiques les plus importants s'étendent de la rive jusqu'à l'intérieur des terres. L'échantillonnage par transects linéaires est utile pour obtenir un maximum de renseignements sur l'habitat et les changements de communauté le long de tels gradients (voir Andrews, 1974 : p. 155 – 159, sur les méthodes).

Un autre important projet de recherche à entreprendre le long de la côte est l'étude des successions imposées à la végétation du cap là où elle fait face aux forces d'érosion de la mer. Quelle est la dynamique d'une perturbation forestière et de la répartition végétale à mesure que la côte est sapée, compte tenu de facteurs comme les embruns, les vents et l'augmentation progressive de l'ensoleillement plus loin dans la forêt? Il serait peut-être utile d'avoir recours à des repères permanents de parcelles et à des photographies.

Lors d'études traitant de la végétation des falaises, il est difficile d'analyser des échantillons prélevés au hasard en raison de l'isolement de certaines niches ou de leur confinement à une région limitée de la falaise. Le sommet de la falaise peut être considéré comme un habitat terrestre normal, du fait qu'il n'est pas protégé du vent.

Dans toute étude de la végétation des falaises, l'aspect de la paroi est important pour déterminer la température du feuillage, le taux de photosynthèse et la vitesse à

FIG. 8. Promontoire Oven : vestige d'une forêt côtière.

laquelle les sols se réchauffent ou s'assèchent. La stabilité de la paroi est liée à l'angle de pente et au substrat géologique. L'influence de la géologie et du pH du sol sur le bas de la paroi soumise aux embruns n'est en général pas décelable en raison de l'influence du chevauchement de la salinité du sol. Sur la plupart des falaises se trouve un gradient d'espèces, de la base au sommet, qui est parallèle de la salinité du sol. Toutefois, il existe souvent une meilleure corrélation entre la salinité et l'aspect qu'entre la salinité et la hauteur au-dessus de la mer ou la distance d'avec la mer (Goldsmith, 1973). Goldsmith a également découvert que la compétition était un important facteur qui détermine la présence d'espèces maritimes pérennes à croissance lente sur les falaises maritimes. Elles ne peuvent entrer en compétition avec les espèces à croissance plus rapide de l'intérieur des terres. Un projet valable serait de déterminer dans quelle mesure la végétation des falaises maritimes reflète celle qui vient du bord de l'escarpement.

Bibliographie

ANDREWS, W.A. [ÉD.]. 1973. A guide to the study of soil ecology. Prentice-Hall Inc. 198 p.

1974. A guide to the study of terrestrial ecology. Prentice-Hall Inc. 246 p.

CHAPMAN, V.J. [ÉD.]. 1977. Wet coastal ecosystems : Ecosystems of the world. I. Elsevier Scientific Publ. Co., 428 p.

DAVIS, R.B. 1964a. Bryophytes and lichens of the spruce-fir forests of the coast of Maine. I. The ground flora. Bryologist 67 : 189–194.

1964b. Bryophytes and lichens of the spruce-fir forests of the coast of Maine. II. The corticolous flora. Bryologist 67 : 194–196.

DICKINSON, G. 1977. The submaritime fringe, chap. 14. The coastline. R.S.K. Barnes [éd.]. Wiley-Interscience Publ.

GOLDSMITH, F.B. 1973. The vegetation of exposed sea-cliffs at South Stack, Anglesey. I. The multivariate approach. J. Ecol. 61 : 787–818.

JOHNSON, D.S. ET A.F. SKUTCH. 1928. Littoral vegetation on a headland of Mt. Desert Island, Maine. III. Adlittoral of non-submersible region. Ecology 9 : 429–448.

KLUGH, A.B. 1912. Notes on the flora of the St. Croix River Valley and Passamaquoddy Region, New Brunswick. Contr. Can. Bio. Fish. 1912 : 265–276.

LOUCKS, O.L. 1962. A forest classification for the Maritime Provinces. Direction de la recherche sur les forêts, Service canadien des forêts. 167 p.

MOTT, R.J. 1974. Palynological studies of lake sediment profiles from southwestern New Brunswick. Can. J. Earth Sci. 12 : 273–288.

ROWE, J.S. 1972. Forest regions of Canada : based on W.E.D. Halliday's « A forest classification for Canada ». 1937. Ministère des Pêches et de l'Environnement, Service canadien des forêts, publ. 1300 : 172 p.

RUITENBERG, A.A. 1968. Geology and minerology of the Passamaquoddy Bay area. Direction des ressources minérales, ministère des Ressources naturelles du Nouveau-Brunswick, rapp. nº 7 : 47 p.

WEIN, R.W. ET J.M. MOORE. 1977. Fire history and rotations in the New Brunswick Acadian Forest. Can. J. Res. 7 : 285–294.

WICKLAND, R.E. ET K.K. LANGMAID. 1953. Soil survey of southwestern New Brunswick. N.B. Soil Survey, N.B. Dept. Agric. 4e rapp. 47 p.

FLEURS SAUVAGES

CUNNINGHAM, G.C. 1977. Forest flora of Canada. Bull. 21, Approvisionnements et Services Canada, Ottawa.

NIERING, W. ET N. OLMSTEAD. 1979. The Audubon Society field guide to North American wildflowers, eastern region. Alfred A. Knopf, New York, NY.

PETERSON, R.T. ET M. MCKENNY. 1968. A field guide to wildflowers of northeastern and north central North America. Houghton Mifflin Co., Boston, MA.

Arbres et arbustes

Brockman, F.C. 1968. Trees of North America. Golden Press, New York, NY.

Hosie, R.C. 1969. Native trees of Canada. 7e éd. Imprimeur de la Reine, Ottawa (Ont.).

Petrides, G. 1972. A field guide to trees and shrubs. 2e éd. Houghton Mifflin Co., Boston, MA.

Identification des plantes vasculaires

Fernald, M.L. 1970. Gray's manual of botany. Éd. corr. D. Van Nostrand Co., New York, NY.

Gleason, H.A. 1968. The New Britton and Brown illustrated flora of the United States and adjacent Canada. Publ. pour les New York Botanical Gardens par Hafner Publ. Co., Inc., New York, NY. 1732 p.

Roland, A.E. et E.C. Smith. 1969. The flora of Nova Scotia, 2e éd. Nova Scotia Museum, Halifax (N.-É.).

Scoggan, H.J. 1978. The flora of Canada. 4 volumes. Musée national des Sciences naturelles, Ottawa (Ont.).

Écologie

Andrews, W.A. [Éd.]. 1974. A guide to the study of terrestrial ecology. Prentice-Hall of Canada, Scarborough (Ont.).

1973. A guide to the study of soil energy. Prentice-Hall of Canada, Scarborough (Ont.).

Index taxinomique

Abies balsamea, 286
Acanthodoris pilosa, 133
Acartia, 214, 221
danae, 221, 224
clausi, 221
discaudata, 222
hudsonica, 221
longiremis, 221
tonsa, 221, 222
Accipiter gentilis, 241
striatus, 241
Acer pensylvanicum, 286
rubrum, 286
saccharum, 286
spicatum, 286
Achillea lanulosa, 288
Achnanthes longipes, 198
subsessilis, 198
taeniata, 198
Acipenser oxyrhynchus, 167
Acmaea, 138, 139
testudinalis, 41, 46, 50, 58, 62, 64, 67, 69, 72, 88, 93, 95, 100, 105, 107, 132, 133, 136, 160
Acrosiphonia arcta, 41, 43, 44, 47, 48, 58, 71, 73, 105
Actinoptychus, 188
senarius, 186, 198
Actitus macularia, 241
Aegolius acadicus, 242
Aeolidia papillosa, 133
Aeolis, 139
Agarum, 132, 134, 135, 138, 139
Agelaius phoeniceus, 243
Aix sponsa, 241
Alaria, 135, 138, 139
esculenta, 42, 46, 58, 73, 105
Albula vulpes, 167
Alca torda, 241
Alcyonium digitatum, 133
Alderia modesta, 118, 120
Alle alle, 241
Alnus crispa, 119, 286
rugosa, 119, 289
Alopias vulpinus, 167, 170
Alosa aestivalis, 167, 176
pseudoharengus, 167, 176
sapidissima, 167, 176
Ambystoma laterale, 246, 247, 249, 258
maculatum, 246, 247, 248, 258
Amelanchier, 289
Ammodytes, 168
Ammospiza caudacuta, 243
Ampelisca abdita, 160
macrocephala, 160
vadorum, 94, 160
Ampharete acutifrons, 160
Amphiopholis squamata, 134, 160
Amphiporeia lawrenciana, 86
Amphiprora alata, 198
hyperborea, 188
Amphiporus, 133
Amphitrite, 139
johnstoni, 134, 155, 160
Amphora ovalis, 198
Ampithoe rubricata, 94
Anarchichas lupus, 168
minor, 168
Anas acuta, 240
americana, 241
crecca, 241
discors, 241
platyrhynchos, 240
rubripes, 240
Anguilla rostrata, 135, 167
Anisakis, 274
Anomia, 134, 136, 139, 141, 143
Anonyx, 149
lilljeborgi, 94
sarsi, 94
Antennularia, 133, 136
Anthus spinoletta, 242
Apeltes quadracus, 168, 179
Aphrodite, 161
Aralia nudicaulis, 286
Archilochus colubris, 242
Arctica, 161
islandica, 160
Ardea herodias, 240
Arenaria interpres, 241
Armeria, 118
Artediellus uncinatus, 169
Ascidia callosa, 160
Ascophyllum nodosum, 41, 43, 44, 45, 46, 48, 49, 58, 61, 63, 65, 66, 67, 70, 72, 84, 88, 91, 93, 105, 107
Asio flammeus, 242
otus, 242
Asperococcus echinatus, 100, 107
Aspidophoroides monopterygius, 169
Astarte undatum, 160
Aster, 286, 289
acuminatus, 286
borealis, 119
novi-belgii, 288, 289
umbellatus, 288
Asterias, 138, 139
forbesi, 42, 59, 134
vulgaris, 42, 47, 49, 59, 66, 132, 134, 136, 214, 215
Asterionella japonica, 198
Atriplex patula, 119, 121, 124
sp., 118
Auliscus sculptus, 198
Aurelia aurita, 204, 205, 207, 209
scyphistoma, 133, 139
Axius serratus, 151
Aythya collaris, 241
marila, 241

Bacillaria paxillifer, 198
Bacteriosira fragilis, 198
Balaenoptera acutorostrata, 262, 276
borealis, 262, 277
musculus, 262, 277
physalus, 261, 276
Balanus, 46, 139
balanoides, 41, 43, 47, 48, 49, 59, 62, 64, 66, 67, 69, 71, 72, 88, 91, 92, 93, 100, 107, 214, 215
balanus, 134, 136, 138
cariosus, 50
crenatus, 59, 134, 214
improvisus, 41, 214
Betula lutea, 286
papyrifera, 286

populifolia, 286
Biddulphia, 186, 188
alternans, 198
aurita, 185, 188, 198
Baileyi, 198
mobiliensis, 185, 198
pulchella, 198
Boltenia, 138, 139
echinata, 132, 135, 138
ovifera, 132, 135, 136, 144
Bombycilla cedrorum, 242
garrulus, 242
Bonasa umbellus, 241
Bostrichobranchus pilularis, 155, 160
Bostrychia sp., 118
Botaurus lentiginosus, 240
Botryllus, 139
schlosseri, 134
Brachytrichia quoyi, 121
Branta bernicla, 240
canadensis, 240
Brebissonia boeckii, 198
Brevoortia tyrannus, 167
Brosme brosme, 168, 174, 178
Bubo virginianus, 242
Buccinum, 132, 138, 139
undatum, 42, 48, 58, 71, 72, 86, 88, 93, 133, 136, 155, 160
Bucephala albreola, 241
clangula, 241
islandica, 241
Bufo americanus, 245, 246, 247, 251, 258
Buteo jamaicensis, 241
lagopus, 241
platypterus, 241
Butorides striatus, 240

Calanus, 210, 221, 223
finmarchicus, 217, 220, 221, 223
glacialis, 224
hyperboreus, 224
Calcarius lapponicus, 243
Calidris alba, 241
canutus, 241
fuscicollis, 241
maritima, 241
melanotos, 241
minutilla, 241
pusilla, 241
Callinectes sapidus, 161
Calocalanus pavoninus, 224
Calothrix (Rivularia), 41
(Rivularia) atra, 100
(Rivularia) crustacea, 121
Calliopius laeviusculus, 205, 207, 210
Caloplaca elegens, 41, 58
Campanula rotundifolia, 288
Campula oblonga, 274
Campylaspis rubricunda, 205, 208
Canachites canadensis, 241
Cancer, 134, 136, 138, 139
borealis, 214
irroratus, 85, 155, 214
Candacia armata, 224
Capella gallinago, 241
Capitella capitata, 155
Caprella, 134, 138, 139
Caprimulgus vociterus, 242
Carcinus, 139
maenas, 49, 66, 85, 100, 105, 119, 134, 215, 216
Carcharodon carcharias, 167, 171
Cardinalis cardinalis, 243
Carduelis flammea, 243
pinus, 243
tristis, 243
Caretta caretta, 256, 258
Carex, 289
Carpodacus purpureus, 243
Casco bigelowi, 152, 154, 159, 160
Catharus fuscescens, 242
guttatus, 242
minimus, 242
ustualatus, 242
Catoptrophorus semipalmatus, 241
Centropages, 223
bradyi, 224
hamatus, 220, 221, 222
typicus, 220, 222, 223, 224
Centropristis striata, 168
Cepphus grylle, 241
Ceramium, 73
rubrum, 105
Cerastoderma pinnulatum, 152, 160
Ceratium furca, 185, 199
fusus, 185, 199
lineatum, 188
longpipes, 188
macroceros, 188
tripos, 185, 199
Ceratulina pelagica, 198
Cerebratulus, 152
Certhia familiaris, 242
Cetorhinus maximus, 167, 170
Chaetoceros, 188
atlanticum, 198
atlanticus, 188
boreale, 198
compressus, 188, 198
concavicorne, 198
constrictus, 188, 198
convolutum, 198
curvisetum, 185, 198
debile, 186, 188, 198
decipiens, 185, 198
diadema, 186, 188, 198
didymum, 198
furcellatum, 198
laciniosum, 186, 198
lorenzianum, 198
radians, 198
sociale, 188, 198
teres, 198
Willei, 198
Chaetoderma nitidulum, 155
Chaetura pelagica, 242
Chalina, 138, 139
Charadrius semipalmatus, 241
vociferus, 241
Chelydra serpentina, 247, 255, 258
Chiridota laevis, 160
Chiridotea caeca, 87, 88, 89
tuftsi, 87
Chlamys, 138
islandicus, 132, 134, 136
Chondrus, 138
Chondrus crispus, 42, 48, 58, 61, 63, 65, 66, 67, 70, 73, 100, 105, 107, 108
Cordeiles minor, 242

Chrysemys picta, 247, 256, 258
Chthamalus stellatus, 43, 49, 50
Ciona intestinalis, 134
Circus cyaneus, 241
Cladophora, 58, 66, 100, 105, 107, 117
Clangula hyemalis, 241
Clausocalanus arcuicornis, 224
Clemmys guttata, 258
insculpta, 246, 255, 258
Cliona celata, 133, 141
Clione limacina, 205, 209
Clupea harengus, 167, 176, 188
Clymenella torquata, 160
Coccolithus huxleyi, 188
Cocconeis scutellum, 198
Coccyzus americanus, 241
erythrophthalmus, 242
Colaptes auratus, 242
Coluber constrictor, 258
Columba livia, 241
Colus, 138, 139
stimpsoni, 134, 136
Contopus virens, 242
Coptis groenlandica, 286
Corallina, 138
officinalis, 42, 105
Corethron criophilum, 198
Corixa, 101
Cornus canadensis, 286
Corophium bonelli, 94
crassicorne, 94, 95
lacustre, 119
tuberculatum, 96, 98
volutator, 96, 119, 160, 234
Corvus brachyrhynchos, 242
corax, 242
Coryomorpha pendula, 133, 136
Coryphella, 133, 139
Coscinodiscus, 186, 188, 214
asteromphalus, 198
centralis, 185, 198
concinnus, 185, 198
eccentricus, 198
normani, 185, 198
oculus-iridus, 198
radiatus, 185, 198
Cotula, 118
coronopifolia, 119
Crangon, 139
septemspinosus, 86, 88, 94, 95, 153, 205, 208
Cranella glandula, 160
Crepidula, 138, 139
fornicata, 133
Crossaster, 138
Crucibulum, 138, 139
striatulum, 133
Cryptacanthodes maculatus, 168
Cucumaria, 138, 139
frondosa, 59, 132, 134, 136, 160, 214
Cyanocitta cristata, 242
Cyclocardia borealis, 155, 160
Cyclococcolithus leptoporus, 188
Cyclopterus, 135
lumpus, 169, 181
Cyclotella compta, 198
Cystoclonium purpureum, 42

Danthonia spicata, 288
Delphinapterus leucas, 263, 277
Delphinus delphis, 264, 278
Dendrodoa carnea, 160
grossularia, 160
Dendroica caerulenscens, 242
castanea, 242
coronata, 242
fusca, 242
magnolia, 242
palmarum, 242
pensylvanica, 242
petechia, 242
striata, 242
tigrina, 242
virens, 242
Dendronotus, 133, 139
Dennstaedtia, punctilobula, 288
Dermochelys coriacea, 256, 258
Deschampsia caespitosa, 288
flexuosa, 41, 58, 60, 62, 64, 67, 70
Desmarestia, 135
viridis, 51
Desmognathus fuscus, 245, 248, 249, 250, 258
Detonula confervacea, 198
Diadolphis punctatus, 257
edwardsi, 246, 248, 257, 258
Diadumene lencolena, 58, 105
Diastylis quadrispinosa, 205, 208
sculpta, 205, 208
Diatoma elongatum, 198
Dictyosiphon foeniculaceus, 84
Diervilla lonicera, 288
Dinophysis acuta, 188
norvegica, 185, 188, 199
Diploneis didyma, 198
elliptica, 198
smithii, 198
Disphanus speculum, 188
Distephanus speculum, 199
Distichlis, 118
spicata, 119, 120, 124
Ditylum, 188
brightwelli, 186, 198
Dolichonyx oryzivorus, 243
Dumetella carolinensis, 242
Dumontia incrassata, 58

Echinarachnius parma, 84, 86, 88, 93, 95
Ectocarpus, 58, 100, 107, 108
Edotea montosa, 86, 94, 160
Elachistea lubrica, 73
Empetrum nigrum, 41, 288
Empidonax alnorum, 242
flaviventris, 242
minimus, 242
Emydoidea blandingii, 246, 258
Enchelyopus cimbrius, 168, 179
Endictya oceanica, 198
Enteromorpha, 42, 48, 58, 107, 118
intestinalis, 96, 100, 105, 108
linza, 45
prolifera, 105
Epilobium angustifolium, 286
watsonii, 288
Epithemia musculus, 198
Eremophila alpestris, 242
Eristalis, 100
Erythrops erythropthalma, 205, 208

Eteone heteropoda, 160
Estrumeus teres, 167
Eubalaena glacialis, 261, 276
Eucalanus elongatus (Hyalinus), 219
Eucampia zoodiacus, 199
Eudorella, 205, 208
Eumicrotremus spinosus, 169, 181
Euphagus carolinus, 243
Eupodiscus radiatus, 199
Eurycea bislineata, 246, 248, 251, 258
Eurytemora, 221
affinis, 222
herdmani, 220, 221, 222
hirundoides, 222
Evadne, 217
nordmanni, 217, 220, 221
spinifera, 217

Fagus grandifolia, 286
Falco columbarius, 241
peregrinus, 241
sparverius, 241
Festuca rubra, 288
Filograna, 134
Flustrellidra hispida, 41, 45, 58, 62, 64, 67, 69, 72, 106
Fragilaria capucina, 199
Fratercula arctica, 241
Fraxinus nigra, 286
Fritillaria borealis, 217
Fucus, 48, 49, 52, 84
distichus, 100
edentatus, 42, 58, 66, 73, 100
evanescens, 42, 58, 100
serratus, 43, 48
spiralis, 41, 43, 44, 45, 46, 49, 55, 58, 63, 65, 66, 68, 70, 73, 100
vesiculosus, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 58, 61, 63, 65, 66, 68, 70, 73, 84, 93, 105, 107, 108
Fulmarus glacialis, 230
Fundulus, 118
heteroclitus, 119, 168

Gadus morhua, 168, 178
Gammarus, 85, 234
duebeni, 96, 97, 98
finmarchicus, 88, 94, 96, 97
lawrencianus, 87, 88, 89, 96, 98
mucronatus, 96, 98, 119
obtusatus, 88, 94, 97
oceanicus, 41, 45, 48, 50, 59, 66, 88, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 105, 107, 110, 154
setosus, 97, 98, 119
stoerensis, 88, 94, 96, 97
tigrinus, 96, 98, 119
Gasterosteus, 118
aculeatus, 100, 168, 179
wheatlandi, 168, 179
Gattyana cirrosa, 155
Gaultheria hispidula, 286
Gavia immer, 240
stellata, 240
Geothlypis trichas, 242
Gersemia, 138
rubiformis, 133, 136
Gigartina, 135
stellata, 42, 43, 58, 61, 65, 68, 70, 71, 73, 100, 107
Glaux maritima, 119, 121, 124
Gleocapsa, 41
Globicephala melaena, 263, 277
Glyptocephalus cycnoglossus, 169, 183
Gomphonema acuminatum, 199
marinum, 199
Goniada maculata, 153, 160
norvegica, 155
Gonyaulax acatenella, 188
catenella, 188
excavata, 188, 199
Gorgonocephalus, 138
arcticus, 132, 134, 136, 144
Grammatophora marina, 199
serpentina, 199
Gymnocanthus tricuspis, 169
Guinardia flaccida, 188, 199
Gyrinophillus prophyriticus, 258

Haliaeetus leucocephalus, 241
Halichoerus grypus, 260, 265, 278
Halichondria, 132, 133, 136, 138, 139, 141
panicea, 58, 72
Haliclona (Chalina), 132
(Chalina) oculata, 133, 136
Halocercus invaginatus, 275
Haloptilus longicornis, 224
Halosaccion ramentaceum, 58, 73
Halocynthia, 138, 139
phriformis, 132, 135, 136, 144
Haploops, 159
fundiensis, 155
tenuis, 160
Harmothoe, 134
imbricata, 215
Hemerocallis, 286
Hemidactylum scutatum, 246, 250, 258
Hemitripterus, 139
americanus, 135, 169, 180
Henricia, 138, 139
sanguinolenta, 134, 136
Herperiphona vestertira, 243
Hiatella, 139
arctica, 134, 136
Hieracium, 288
Hildenbrandia prototypus, 41, 58, 61, 63, 65, 68, 70, 73, 100, 105, 107
Himanthalia, 42, 46
Hippasterias phrygiana, 134
Hippoglossoidas platessoides, 169, 182
Hippoglossus hippoglossus, 169, 182
Hippomedon propinquus, 95, 155
Hirundo rustica, 242
Histrionicus histrionicus, 241
Homarus, 138, 139
americanus, 50, 134, 136, 214
Humulus lupulus, 286
Hyal nilsonii, 88, 94
Hyalodiscus scoticus, 199
Hyas, 132, 134, 138, 139
araneus, 214
coarctatus, 214
Hydractinia sp., 133
Hydrobia, 118, 160
minuta, 100, 106, 107, 119
Hyla crucifer, 245, 246, 247, 251, 252
versicolor, 246, 252, 258
Hylocichla mustelina, 242
Hyperia galba, 205, 208, 210

Hyperoodon ampullatus, 263, 277
Hyporhamphus unifasciatus, 168

Icelus spatula, 169
Icterus galbula, 243
virens, 242
Idotea phosphorea, 119, 153
Illex, 268
Iophon, 132, 138
pattersoni, 133
Iridoprocne bicolor, 242
Ischnochiton alba, 132, 133
ruber, 132, 133, 136
Isthamia enervis, 199
nervosa, 199

Jaera, 85, 94
ischyosetosa, 96, 97, 98
marina, 100, 105
Junco hyemalis, 243
Juncus, 118, 120
balticus, 101, 118
gerardi, 119, 124
Juniperus communis var. depressa, 289

Kalmia angustifolia, 286
Kogia breviceps, 264, 277

Lacuna, 138, 139
vincta, 48, 50
Lagenorphynchus acutus, 262, 278
albirostris, 263, 278
Laminaria, 40, 42, 46, 48, 50, 52, 58, 71, 73, 105, 132, 135, 138, 139, 142
digitata, 43, 46
hyperborea, 46
saccharina, 43
Lamna nassus, 167, 171
Lampropeltis triangulum, 258
Lanius excubitor, 242
Laonice cirrata, 155
Larix laricina, 286
Larus argentatus, 50, 106, 241
delawarensis, 241
glaucoides, 241
hyperboreus, 241
marinus, 241
minutus, 241
philadelphia, 241
ridibundus, 241
Leiostomus xanthurus, 161
Lepidochyelys kempi, 256, 258
Lepidonotus, 134, 136, 139
Leptasterias littoralis, 42, 48
Leptocheirus, 161
pinguis, 86, 88, 94, 95, 153, 154, 155, 160
Leptocylindrus danicus, 188, 199
Leucosolenia, 138, 139
botryoides, 133
Leptostylis ampullacea, 205, 208
Lichina, 41
Licmophora lyngbyei, 199
Limacina retroversa, 205, 210
Limanda ferruginea, 169, 182
Limnoria, 139

Limonium, 118
nashii, 119, 121
Limnodromus griseus, 241
Limosa haemastica, 241
Lineus ruber, 107
socialis, 155
Linnaea borealis, 286
Liopsetta putnami, 169, 183
Liparis, 135, 181
atlanticus, 169
inquilinus, 169
Lithothamnion, 45, 58, 73, 105, 138
polymorphum, 135
Littorina, 40, 41, 47, 106, 107, 214, 234
littorea, 41, 46, 58, 62, 64, 66, 67, 69, 85, 88, 91, 93, 100, 105, 155, 160, 215
obtusata, 41, 48, 58, 62, 64, 66, 69, 72, 100, 105
saxatilis, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 58, 62, 64, 66, 67, 69, 72, 100, 105, 119
scutelata, 45
Lobipes lobatus, 241
Lophius americanus, 167
Lophodytes cucullatus, 241
Loxia curvirostra, 243
leucoptera, 243
Lucernania, 138
Lucicutia flavicornis, 224
Lumbrineris, 161
fragilis, 152, 155, 160
Lumpenus lumpretaeformis, 168, 180
maculatus, 168, 180
Lunatia, 86
heros, 86, 95, 153
pallida, 160
triseriata, 86, 95
Luzula multiflora, 289
Lycenchelys verrilli, 168
Lycopodium complanatum, 286
Lyonsia hyalina, 160

Macoma balthica, 100, 105, 107, 119, 159, 160
Macrozoarces americanus, 168
Maera, 161
Maldane, 159
Mallotus villosus, 167, 177
Margarites, 133, 138
costalis, 160
Marianthemum canadense, 286
Mastogloia smithii, 199
Maurolicus muelleri, 167
Mecynocera clausii, 224
Mediomastus ambiseta, 155
Megaceryle alcyon, 242
Meganyctiphanes, 231
norvegica, 205, 206, 207, 210
Megaptera novaeangliae, 261, 276
Melampus, 118
bidentatus, 119
Melanitta deglandi, 241
nigra, 241
perspicillata, 241
Melanochora, 133
Melanogrammus aeglefinus, 168, 178
Melosira, 186, 188
crenulata, 199
hyperborea, 199
juergensii, 199
moniliformis, 199

nummoloides, 199
subflexilis, 199
Melospiza georgiana, 243
lincolnii, 243
melodia, 243
Membranipora, 217
Menidia menidia, 168
Mergus merganser, 241
serrator, 241
Merluccius, 106
bilinearis, 168, 179
Mesoplodon bidens, 263, 277
Metridia longa, 224
lucens, 220, 223, 224
Metridium, 138, 139
senile, 132, 133, 136, 144
Microcalanus pusillus, 223, 224
Microcoleus, 118
Microgadus tomcod, 106, 168, 178
Microsettella norvegica, 218
Micrura, 155
Mimus polyglottos, 242
Miniotilta varia, 242
Modiolus, 138
demissa, 117, 118, 119
modiolus, 59, 105, 132, 134, 136, 141, 144, 155, 160
Mola mola, 169
Molgula, 135, 139
Molothrus ater, 243
Molpadia, 155
oolitica, 155, 160
Monacanthus hispidus, 169
Monoculodes edwardsi, 94, 205, 207, 208, 210
Monostroma, 42, 47, 58, 100, 105, 107, 108
grevillei, 42
pulchrum, 42
Morone americana, 168, 180
saxatilis, 168, 180
Morus bassanus, 240
Mulinia lateralis, 160
Musculus, 134, 138, 139, 161
discors, 160
niger, 160
Mustelus canis, 167
Mya arenaria, 86, 100, 105, 106, 107, 160
Myoxocephalus, 135, 139
aeneus, 169, 181
octodecimspinosus, 169, 181
scorpius, 169, 181
Myrica gale, 119, 124
Mysis, 139
stenolepis, 205, 208, 211
Mytilus, 138, 139, 214
californianus, 50
edulis, 41, 46, 47, 49, 59, 62, 64, 66, 67, 69, 72, 88, 92, 93, 100, 107, 119, 132, 134, 136, 234
Myxicola, 138, 139
infundibulum, 134, 136
Myxilla, 133
Myxine glutinosa, 166, 170

Nanomia cara, 205, 209
Nassarius obsoletus, 133
trivittatus, 153
Natrix sipedon, 246, 247, 256, 258
Navicula bahusiensis, 199
crucigera, 199
distans, 199
marina, 199
peregrina, 199
Nemopanthus murcronata, 286
Neomysis, 139
americana, 205, 208
Nepthys, 86, 153, 161
ciliata, 155
incisa, 153, 160
Neptunea, 132, 138, 139
decemcostata, 133, 136
Nereis, 118, 139, 234
diversicolor, 119, 153, 160
pelagica, 134
virens, 86, 155, 160
Nezumia bairdi, 168
Ninoe nigripes, 153, 160
Nitzschia bilobata, 199
closterium, 199
seriata, 188, 199
Nodularia, 41
Nostoc, 100
Notonecta, 101
Notophthalmus viridescens, 246, 247, 248, 249, 258
Notoplana atomata, 155
Nucella (Thais) lapillus, 41, 46, 48, 49, 50, 56, 58, 62, 64, 66, 67, 69, 72, 85, 88, 93, 105, 107
Nucula delphinodonta, 153, 160
proxima, 152, 159, 160
Nuculana, 161
tenuisulcata, *160*
Numenius phaeopus, 241
Nuttallornis borealis, 242
Nyctea scandiaca, 242
Nycticorax nycticorax, 240
Nymphon, 134

Obelia, 133, 136, 138, 139
Oceanodroma leucorhoa, 240
Oceanites oceanus, 240
Odontaspis taurus, 167
Oenothera parviflora, 288
Oikopleura dioica, 217
Oithona similis, 218, 220, 223, 224
Oncaea venusta, 224
Onchidoris, 134, 138
Onchorhynchus gorbuscha, 167, 177
kisutch, 167, 177
Opheodrys vernalis, 246, 248, 257, 258
Ophiopholis, 138
aculeata, 134, 136
Ophiura, 161
Oporornis philadelphia, 242
Orchestia grillus, 120
platensis, 88, 95
Orchomonella minuta, 86, 88, 94
Orcinus orca, 264, 278
Osmerus mordax, 167, 177
Oxalis montana, 286

Pagurus, 132, 134, 136, 138, 139, 214
Palmaria (Rhodymenia) palmata, 42, 47, 58, 73, 105
Pandalus, 138, 139
montagui, 134, 136, 205, 208
Pandion haliaetus, 241
Paracalanus parvus, 220, 223, 224
Parafavella, 216
Paralia sulcata, 199

Paralichthys dentatus, 169, 183
oblongus, 169, 183
Paraonis gracilis, 160
Parathemisto gaudichaudi, 205, 207, 208, 210, 211
gaudichaudi, bispinosa, 207
gaudichaudi, compressa, 207
gracilipes, 207
Parmelia saxatilis, 58
Parula americana, 242
Parus atricapillus, 242
hudsonicus, 242
Passer domesticus, 243
Passerculus sandwichensis, 243
Passerella iliaca, 243
Passerina cyanea, 243
Patella vulgata, 50
Pectinaria gouldii, 86
granulata, 160
Pelvetia, 42, 43
Penella, 274
Peprilus triacanthus, 168
Peridinium breviceps, 188
depressum, 185, 188, 199
Periploma, 160
Perisoreus canadensis, 242
Petalonia fascia, 42, 100, 105, 107
Petalosarsia declivus, 205, 208
Petrocelis middendorfi, 105
Petrochelidon pyrrhonata, 242
Petromyzon marinus, 167, 170
Phalacrocorax auritus, 240
carbo, 240
Phalaropus fulicarius, 241
Phascolion strombi, 160
Pheuticus ludovicianus, 243
Philohela minor, 241
Phoca vitulina, 260, 265, 278
Phocoena phocoena, 260, 262, 273, 277
Pholis, 135, 139
gunnellus, 49, 85, 168
Phormidium, 41
Phoronis, 216
Phoxocephalus holbolli, 86, 88, 94, 95
Phragmites communis, 119
Phycodrys, 135
Phymatolithon lenormandii, 42
Picea glauca, 119, 286
mariana, 286
rubens, 286
Picoides arcticus, 242
pubescens, 242
villosus, 242
Pinicola enucleator, 243
Pinnularia major, 199
viridis, 199
Pinus strobus, 286
Pipilo erythropthalamus, 243
Piranga olivacea, 243
Pisaster ochraeus, 50
Placopecten, 138, 139, 214
magellanicus, 141, 144
Plantago, 118
maritima, 41, 43, 58, 63, 65, 68, 70, 119, 121, 123, 124, 288
Plectrophenax nivalis, 243
Plethodon cinereus, 246, 248, 250, 258
Pleurobrachia pileus, 205, 209, 210, 211
Pleuromamma borealis, 224
Pleurosigma, 188
aesturii, 199
angulatum, 199
attenuatum, 199
balticum, 199
decorum, 199
elongatum, 199
fasciola, 199
formosum, 199
intermedium, 199
spenceri, 199
strigosum, 186, 199
Pluvialis dominica, 241
squatarola, 241
Poaecetes gramineus, 243
Podiceps auritus, 240
grisigena, 240
Podilymbus podiceps, 240
Podon, 217, 221
intermedius, 217
leucarti, 217, 218
polyphemoides, 217
Polynices immaculatus, 155
Pollachius, 139
virens, 168, 178
Polygonum arenastrum, 291
Polypodium virginianum, 288
Polysiphonia, 48
lanosa, 41, 58, 61, 63, 65, 68, 70, 73
urceolata, 105
Polytrichum, 288
Pontoporeia femorata, 154, 160
Populus grandidentata, 286
tremuloides, 286
Porphyra, 45, 48, 58, 135, 235
miniata, 105
umbilicalis, 42, 73
Potamilla, 134, 138
neglecta, 41, 45, 58, 62, 64, 67, 69, 72, 100, 106
Potentilla anserina, 119, 121
Praxillella, 161
gracilis, 160
praetermissa, 159, 160
Prenanthes trifoliata, 289
Prionotus carolinus, 169
evolans, 169
Priapulus cordatus, 160
Procerodes, 85
Procyon lotor, 106
Prunus pensylvania, 289
Psammonyx nobilis, 86, 87, 89, 94
Pseudalinus inflexus, 275
Pseudocalanus, 221, 223
minutus, 213, 220, 222, 223
Pseudodiaptomus coronatus, 221
Pseudopleuronectes americanus, 49, 106, 135, 169, 183
Psolus, 138
fabricii, 134
Pteraster, 138
militaris, 134
Pteridium aquilinum, 286
Puccinellia, 118
americana, 118
maritima, 117
Puffinus gravis, 240
puffinus, 240
Punctaria, 100
Puncturella, 138
noachina, 133
Pungitius pungitius, 165, 168, 179
Pylaiella littoralis, 84, 92, 94, 105

Pyrola secunda, 288
Pyrus malus, 289

Quiscalus quiscula, 243

Raja, 135
erinacea, 167, 172
laevis, 167
ocellata, 167, 172
radiata, 167, 172
senta, 167, 172
Rana catesbiana, 247, 252, 258
clamitans melanota, 246, 247, 253, 258
palustris, 246, 247, 254, 258
pipiens, 245, 247, 254, 258
septentrionalis, 247, 253, 258
sylvatica, 245, 246, 247, 248, 253, 254, 258
Regulus calendula 242
satrapa, 242
Reinhardtius hippoglossoides, 169, 182
Rhabdonema arcuatum, 199
Rhaponeis amphiceros, 199
Rhincalanus nasutus, 220, 221
Rhizoprionodon terranovae, 167
Rhizosolenia, 188
alata, 199
alta forma gracillima, 199
hebetata, 186, 199
obtusa, 199
setigera, 185, 188, 199
shrubsolei, 188, 199
stolterfothii, 188
styliformis, 185, 199
Rhodochorton purpureum, 58
Rhodymenia, 138
(Palmaria) palmata, 42, 47, 58, 73, 105
Rhopalodia gibba, 199
Rhus typhina, 289
Riparia riparia, 242
Rissa tridactyla, 241
Rivularia (Callothrix), 41
atra, 100
crustacea, 121
Rosa, 289
rugosa, 286
Rubus, 286
idaeus, 289
Rumex acetosella, 291
Ruppia, 235
maritima, 100, 119

Saccoglossus, 216
Sagitta elegens, 205, 209, 210, 211
Salicornia, 116, 118, 119, 121, 124
bigelovii, 119
europaea, 119, 120
Salmo gairdneri, 167, 177
salar, 167, 177
trutta, 167, 177
Salvelinus fontinalis, 167, 177
Sambuccus pubens, 289
Sarda sarda, 168
Sayornis phoebe, 242
Scirpus, 118
americanus, 101, 119
Scolecithricella minor, 224

Scophthalmus aquosus, 169, 183
Scoloplos acutus, 155
Scomber scombrus, 168
Scypha, 138, 139
ciliata, 133
Scytosiphon lomentaria, 42, 58, 100, 105
Sebastes, 168
Seiurus auracapillus, 242
noveboracensis, 242
Selliera, 118
Sertularia pumilla, 41, 45, 58, 62, 64, 67, 69, 72, 106
Setophaga ruticilla, 243
Sialia sialis, 242
Sitta canadensis, 242
corolinensis, 242
Skeletonema, 188
costatum, 186, 188, 199
Solaster, 138
endeca, 134
papossus, 134
Solidago, 286, 289
bicolor, 288
puberula, 288
sempervirens, 119, 288
Somateria mollissima, 241
Somniosus microcephalus, 167
Sorbus americanus, 286
Sparganium americanum, 101
angustifolium, 101
Spartina, 116, 118, 120, 154
alterniflora, 119, 120, 121, 123, 124
patens, 119, 120, 121, 123, 124
pectinata, 119, 120
Sphacelaria, 48
Sphoeroides maculatus, 169
Sphyrapicus varius, 242
Spio filicornis, 160
Spiraea latifolia, 119, 288
Spirontocaris, 138, 139, 205, 209
spinus, 134
Spirorbis, 134, 138, 139, 160
borealis, 48
Spiza americana, 243
Spizella arborea, 243
passerina, 243
pusilla, 243
Spongomorpha (Acrosiphonia) arcta, 42, 43, 44, 47, 48, 58, 71, 73
Squalus acanthias, 167, 170
Stauroneis, 199
Stenotomus chrysops, 168
Stenurus minor, 275
Stephanomia (Nanomia) cara, 209
Stercorarius parasiticus, 241
pomarinus, 241
Sterna hirundo, 241
paradisaea, 241
Sternapsis scutata, 152, 153, 160
Storeria dekayi, 258
occipitomaculata, 246, 248, 256, 258
Striatella unipuncata, 199
Strix varia, 242
Strongylocentrotus, 138, 139
droebachiensis, 42, 50, 59, 66, 71, 72, 84, 88, 132, 134, 136, 160
Sturnella magna, 243
Sturnus vulgaris, 242
Syngnathus fuscus, 168
Suaeda, 118

maritima, 119, 121, 124
Suberites, 133
Surirella gemma, 199
ovalis, 199
Smithii, 199
Synapta, 138
Synedra pulchella, 199
radians, 199

Tautoga onitis, 168
Tautoglabrus adspersus, 168
Tealia, 138, 139
felina, 105, 133, 144
Tellina agilis, 155
Temora longicornis, 223, 224
Terebratulina, 138, 139
septentrionalis, 131, 133, 136, 140, 141
Thais (Nucella), 45, 50
lamellosa, 50
lapillus, 41, 46, 48, 49, 50, 56, 58, 62, 64, 66, 67, 69, 72, 85, 88, 93, 100, 105, 107
Thalassia, 115
Thalassionema nitzchoides, 188, 199
Thalassiosira, 186
gravida, 186, 199
nordenskioldii, 186, 188, 199
Thalassiothrix, 188
longissima, 188, 199
Thamnophis elegans, 245
sauturus, 246, 258
sirtalis pallidula, 247, 257, 258
sirtalis sirtalis, 245, 247, 257
Tharyx acutus, 160
Thuja occidentalis, 286
Thunnus thynus, 168
Thyasira gouldii, 155
Thysanoessa inermis, 205, 206, 210
Thysanoessa neglecta, voir *T. inermis*
Tigriopus californicus, 106
Tintinopsis, 216
Tomopteris catherina, 209
helgolandica, 204, 205, 209, 210
Tonicella marmorea, 133
Torpedo nobilana, 167
Tortanus didcaudatus, 221
Torynurus convolutus, 275
Toxostoma rufum, 242
Trientalis borealis, 286
Triglochin, 118
maritima, 119, 121, 124, 288
Triglops murrayi, 169, 181
Tringa flavipes, 241
melanoleuca, 241
solitaria, 241
Troglodytes troglodytes, 242
Tryphosa, 139
Tsuga canadensis, 286
Tubularia, 133, 136, 138, 139
Turdus migratorius, 242
Tursiops truncatus, 264, 277
Typha angustifolia, 119
latifolia, 101, 119, 124
Tyrannus tyrannus, 242

Uca, 117
Ulothrix, 58, 118
Ulva, 42, 58, 73, 118, 135, 235
lactuca, 42, 45
Ulvaria subbifurcata, 168, 180
Umbilicaria papulosa, 288
Unciola, 161
irrorata, 94, 160
Uria algae, 241
lomvia, 241
Urophycis chuss, 168, 178
tenuis, 168, 178

Vaccinium angustifolium, 286
myrtilloides, 286
vitis-idaea, 288
Velutina, 133
Venericardia, 161
Vermivora peregrina, 242
ruficapilla, 242
Verrucaria, 41, 73, 100
maura, 41, 58, 61, 63, 65, 68, 70
microspora, 61, 63, 65, 68, 70
mucosa, 41, 58
Viburnum cassinoides, 286
Viola, 286
Vireo olivaceus, 242
philadelphicus, 242
solitarius, 242

Wilsonia canadensis, 242
pusilla, 242
Woodsholia lillei, 100

Xanthoria parietina, 41, 58, 61, 63, 65, 68, 70

Yoldia, 161
myalis, 160
sapotilla, 152, 155

Zenaida macroura, 241
Zenopsis conchifera, 168
Zirphaea crispata, 134
Zonotrichia albicollis, 243
leucophrys, 243
Zostera, 115, 154, 235
marina, 83

Index analytique

Abondance, 36, 49, 55, 153, 155
  mesure de l', 121
  relative, 129, 141
Abrasion des sédiments, 78, 79, 85
Acadienne, région forestière, 285
Acadiens, 1, 113
Acétate de sodium, 190
Acétone, 194
Achillée laineuse, 288, 291
Acide fulvique, 195
Acide humique, 195
Acide hydrochlorique (HCl), 190
Acide sulfurique, 51
Acide urique, 47
Acipenseridae, 167, 172
Acipenseriformes, 167
Acmée à écaille de tortue, 41
Açores, 5
Acrinoflavine, hydrochlorure d', 193
Actinotroque, 216
Activité microbienne dans les sédiments, 160
Adam, île, 2
Adaptation, 36, 44, 47, 48
  antagonisme de certaines adaptations, 47
  du comportement, 45, 47, 48
  aux modifications de la température, 46
  morphologique, 45
  physiologique, 45, 47
  de la reproduction, 48
Adénosine triphosphate, 198
ADN, fluorochrome liant l', 193
Affaiblissement de la lumière, 31, 32, 47, 187, 195, 196
Affaissement de la côte, 121
Affleurements rocheux, 142, 143, 285
Affleurements sous-marins, 126, 128
Agar-agar, 190
Agnathes, 166, 169, 170
Agones, 169, 174
Agonidae, 169, 174
Agriculture, 1, 285
Aiglefin, 168, 178
Aiguillat commun, 167, 170
Airelle buissonnante, 286
Airelle vigne-d'Ida, 288, 289
Alaska, 165
Albert, comté d' (N.-B.), 257
Albulidae, 167
Alcalinité, 110, 196
Alcidés, 229
Algues bleues, 41, 119, 121, 190
Algues brunes, 47, 48, 104, 105, 107, 132, 138, 139
Algues calcaires, 52, 55
Algues corallines crustacées, 132, 133, 134, 135, 140, 142, 144
Algues intertidales, 46, 47, 48, 56
Algues macrophytes, 83, 84, 100, 107
Algues pérennes, 48
Algues rouges calcaires, 126, 141, 144
Algues rouges encroûtantes, 45, 52
Algues rouges, 45, 46, 47, 48, 104, 105, 107, 132, 138, 139
Algues sciaphiles, 128
Algues vertes, 47, 103, 104, 105, 107
Algues, 81, 120, 135, 140–143, 234–235
  identification, 51
Alignement, 148
Alimentation
  benthos, 132, 141, 142, 143
  méthodes, 158
Alopiidae, 167
Alose d'été, 167, 176
Alose savoureuse, 167, 176
Alose tyran, 167
Alouette cornue, 235, 242
Altération des particules, 79
Alun ferrique, 190
Ambridge, domaine, 3
Amélanchier, 289
Amérique du Sud, 113, 235
Amherst (N.-É.), 114
Ammodytidae, 168, 176
Ammoniaque (NH_3) (sédiments), 81, 101
Amphibiens et reptiles, 245–259
  activité saisonnière, 245
  croissance, 245
  exploitation commerciale, 245
  habitats, 247–258
  hibernation, 245, 257
  migration, 245, 247
  mortalité, 245
  nids, 246
  observation et capture, 246–247
  préservation, 246
  rassemblements printaniers, 246
  répartition, 246
  reproduction, 246–258
  survie, 246
  taux de croissance, 245
Amphibiens, larves d', 245
Amphineures, 126, 141, 142, 143
Amphipodes, 48, 51, 85, 86, 94, 119, 120, 149, 152, 154, 160, 204, 205, 206, 207, 210–211, 234, 235
Analyse à plusieurs variables, 153
Analyse des composantes principales, 153
Analyseur de carbone, 81
Anarhichadidae, 168, 175
Anderson, J.M., 3
Anderson, mont (N.-B.), 286
Andésite, 288
Anémones, 85, 130, 132, 144, 145
Anesthésie, 51
Angles horizontaux, 149
Anguille d'Amérique, 167
Anguilles, 167, 176
Anguillidae, 167, 176
Anguilliformes, 167
Annapolis, projet d'usine marémotrice de la rivière, 2
Annélides, 86, 141, 205, 209
Anoures, 245
Anoxie, 117, 122
Antarctique, 46, 228
Antibiotiques, 191
Appalaches, 245
Appâts pour espèces benthiques, 149

Appauvrissement du benthos, 157, 159, 160
Appendiculaires, 217
Araignées de mer, 132, 138
Aralie à tige nue, 286, 288
Archiannélides, 86
Archipel arctique, 209
Arctique, 228
Arctique-boréal, 51
Argile, 77, 78, 79, 86, 117, 122, 152, 159
Armes à feu, 238, 248
Arthropodes, 121, 126, 132, 134, 141, 143
Ascidies, 86, 132
Ascophylle noueuse, 41
Ashburton, cap (N.-B.), 281
Assemblages fossiles, benthos, 143
Aster à feuilles cordées, 288
Aster à ombelles, 288
Aster de la Nouvelle-Belgique, 288, 289
Aster des bois, 286
Aster, 119
Asymétrie, sédiments, 79
Atherinidae, 168, 174
Atheriniformes, 168
Atlantique Nord, océan, 18, 165, 265, 266, 268, 271
Aulne blanc, 286, 288
Aulne rugueux, 289
Aulnes, 119, 286
Auramine, 193
Aurophosphine, 193
Autoécologie, 149, 161
Autofécondation, 47
Autotrophes, 106
Autour des palombes, 241
Avifaune, 228–243
Azote, 85, 121
  analyseur, 81
  fixation, 121

Bacillariophycées, 198
Back Bay, 2, 54, 55
Bactéries, 81, 84, 86, 161, 197
  des marais salés, 119, 120
Baie de Fundy, 1, 2, 5, 8, 9, 10, 11, 19, 20, 22, 23, 25, 36, 37, 38, 39, 42, 44, 71, 77, 99, 105, 113, 114, 116, 118, 120, 126, 128, 131, 132, 133, 138, 139, 142, 143, 148, 149, 155, 160, 161, 165, 185, 186, 188, 204, 207, 208, 209, 210, 214, 217, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 228, 229, 233, 235, 239, 245, 246, 260, 261, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 279, 280, 282, 285
  usine marémotrice, 2
Baie des Chaleurs, 223
Baileyville (N.-B.), 12
Balanes, 37, 40, 41, 42, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 85, 126, 132, 141, 143, 274
  larves, 214
Balbuzard, 233, 236, 238, 241
Bald, cap (N.-B.), 256
Baleine à bec commune, 263, 277, 279
Baleine à bec de Sowerby, 263, 277
Baleine noire, 261, 265, 276, 279, 281
Baleines à fanons, 206, 260–284
Balistes, 169
Balistidae, 169
Balourou, 168
Banane, 167
Banc de Brown, 267
Banc Georges, 267
Bar rayé, 168, 180
Bar Road, St. Andrews, 94, 95, 238
Barachois, 245
Baret, 168, 180
Barge hudsonienne, 241
Barnaby, cap (N.-B.), 240, 288
Barnes, île, 269
Barque, 148, 247
Barrières – guides, 247
Bars, 168, 175
Basses mers normales, les plus, 9
Bassin Atlantique – Arctique, 165
Bateaux, échantillonnage du fond, 148, 149, 151
Bathymétrie, 4
Battures, 80, 82, 83, 88, 95
Baudroie d'Amérique, 167
Baudroie, 167, 173
Baume du Canada, 190, 193
Bayside (N.-B.), 250
Beans, île, 2, 127, 140
Beaver Harbour, 2, 239
Bec-croisé à ailes blanches, 243
Bec-croisé rouge, 243
Bec-scie à poitrine rousse, 232, 233, 235, 239, 241
Bec-scie couronné, 241
Bec-scie, 234
Bécasse d'Amérique, 241
Bécasseau à croupion blanc, 241
Bécasseau à poitrine cendrée, 241
Bécasseau maubèche, 241
Bécasseau minuscule, 234, 241
Bécasseau roux, 241
Bécasseau sanderling, 234, 241
Bécasseau semipalmé, 241
Bécasseau variable, 241
Bécasseau violet, 228, 233, 234, 236, 238, 240, 241
Bécasseaux, 234
Bécassine des marais, 234, 241
Belle-Isle, détroit, 207
Béluga, 263, 267, 277, 279
Benne, 128, 148, 151–152, 155
  efficacité, 151–152
  pénétration, 151
  réaction d'évitement, 151
Bennes pour échantillonnage qualitatif, benthos, 150
Benthos, 126–164, 204–205, 214–215
  méthodes d'analyse, 152, 161
  plancton, 205, 209, 210, 220
  poissons, 166
  préservation, 152
  stabilité, 158
  tri, 152
Béring, détroit de, 165
Berme, 87
Bermudes, 5
Bernache cravant, 235, 240
Bernache du Canada, 228, 240
Bernard-l'ermite, 214
Bethel (N.-B.), 289
Bibliographies, 2
Bicarbonate de sodium, 189
Bicarbonate, 101
Big Pond (N.-B.), 239
Bigorneau, 37, 40, 46, 50, 84, 234
  brun, 41, 119
  commun, 41, 85
  jaune, 41
Bigorneaux perceurs, 86
Bihoreau à couronne noire, 240
Bilan thermique, 34
Bio-Solv BB3, 196

Biocénoses, 128, 129
Bioérosion, 126
Biologie benthique, 148–164
Biologie marine, 3
Biomasse, 37, 41, 47, 51, 56, 117, 120, 121, 140, 143, 152–155, 158–161
  poids frais, 129
  poids humide, 152
  poids sec, 198
  poids sec sans cendre, 129, 198
Biosédimentation, 161
Biote cryptique, 126
Biote encroûtant, 100, 126, 132, 141
Biote estuarien, 185, 188
Biote euryhalin des estuaires, 157
Biote intertidal, 36–76, 132, 141
Bioturbation, sédiments, 158
Biovolume, plancton, 198
Bioxyde de carbone (CO_2), 47, 103, 110, 195, 196
  dans le sol des marais, 117
  dans les sédiments, 81, 103, 110
  mesure de la production, 197
Biphényles polychlorés, 260
Bipinnaria, 215
Black, pointe (N.-B.), 154
Blacks Harbour, 1, 2, 71–73, 239, 267, 280
Blandford (N.-É.), 265
Bleuets, 286
Bliss, île, 2
Blocs, 52, 77, 78, 82, 85, 87, 88, 126, 128, 130, 131, 140, 141, 142, 143, 144
Bocabec, anse (N.-B.), 97, 98
  rivière, 2
Bonite à dos rayé, 168
Borax, 206
Boréal, 165
Bothidae, 169, 173, 182
Bouées, 149
Bouleau à papier, 286, 288, 289
Bouleau gris, 286
Bouleau jaune, 286, 289
Bouleau, 286
Boulettes fécales, 160, 161
Bouteille thermos, 206
Bouteilles à D.B.O., 109, 110, 195–197
Bouteilles à incubation, 104
Bouteilles dérivantes, 19, 20, 24, 32
Bouteilles éclairées et obscures, méthode de l'oxygène, 56, 106, 110
  plancton, 197
Brachiopodes, 126, 129, 130, 141, 142, 143, 144, 145
Brachyoures, larves, 214, 225
Brandy, anse (N.-B.), 2, 23, 25, 34, 57, 60, 62, 63, 87, 88, 90, 91, 93
Brassage causé par le vent, 15, 34
  tidal, 30, 32, 34, 46
  vertical, 32, 34, 132
Bray, solution, 196
Brazil, haut-fond, 281
Brier, région de l'île, 260, 261, 262, 268, 269, 270
Brisants, 39
Brosme, 168, 178
Brouillard, 1, 5, 7, 8, 40, 285
Broutage, 45, 46, 50
  intertidal, 84
Brouteurs, 132, 142
Bruant à couronne blanche, 243
Bruant à gorge blanche, 236, 243
Bruant à queue aiguë, 235, 243
Bruant chanteur, 235, 243
Bruant de Lincoln, 240, 243
Bruant des champs, 243
Bruant des marais, 243
Bruant des neiges, 235, 243
Bruant des prés, 235, 243
Bruant familier, 243
Bruant fauve, 243
Bruant hudsonien, 243
Bruant lapon, 243
Bruant vespéral, 243
Bruants, 235
Bryozoaires, 126, 129, 138, 139, 141, 142, 143, 144
  encroûtants, 129, 140
  larves, 216
Buccins, 49, 50, 85, 88, 132
Buissons, 285, 289
Busard saint-martin, 235, 231
Buse à queue rousse, 241
Buse pattue, 235, 241
Buses, 228, 239
Butor d'Amérique, 240
Buzzards Bay (Maine) États-Unis, 159

^{12}C, 196
^{14}C hexadécane, 196
Câble, inclinaison, 189
Cachalot pygmée, 264, 277, 279
Cages, 56
  études de la prédation, 161
Cailloux, 77, 78, 82, 83, 85, 88, 91, 92, 126, 128
Calais (Maine), 2, 34, 238
Calanoïdes, 218–224
Calappidés, larves, 215
Caliopiidae, 208
Calmar à courtes nageoires, 268
Calmar, 229, 232, 267, 269
Calottes glaciaires, 113
Calyptopis, larve, 207
Camarine noire, 41
Campanule à feuilles rondes, 288, 291
Campbell, benne, 150
Campobello, île (N.-B.), 1, 2, 8, 10, 12, 15, 20, 36, 55, 77, 113, 114, 124, 126, 127, 132, 133, 186, 231, 233, 239, 246, 266, 281, 282, 285
Canada, côte ouest, 47
Canard arlequin, 233, 234, 239, 241
Canard branchu, 241
Canard colvert, 240
Canard kakawi, 233, 234, 241
Canard noir, 233, 235, 240
Canard pilet, 240
Canard siffleur d'Amérique, 241
Canards barboteurs, 228
Canards de mer, 228, 238
Canneberges, 245
Canot, 247
Capelan, 166, 167, 177, 266, 267
Caps, 286–292
Capucettes, 168, 174
Caraïbes, 142
Carbonate de calcium ($CaCO_3$), 81, 189
Carbonates, équilibre, 103
Carbone organique, dans les sédiments, 81
Carcharhinidae, 167
Cardeau à quatre ocelles, 169, 183
Cardeau d'été, 169, 183
Cardinal à poitrine rose, 243
Carleton, comté (N.-B.), 250

Carnivores, 105, 106, 107, 132, 149, 158, 161
plancton, 209
Carottage, 86
Carottier Ewing, 150
Carottiers, 150, 161
Carouge à épaulettes, 229, 235, 243
Carouges, 228
Cartes marines, 4, 148, 149, 150
Caudata, 248
Cèdre blanc, 286, 288, 289
Ceinture noire d'algues microscopiques, 41, 43, 58
Cellules germinales, 47
Cénozoïque, 165
Centre canadien d'identification océanographique, 152
Centrifugation, 191, 194
Cétacés, 206, 260–285
mesure, 272
observation, 278–283
Chaboisseau à dix-huit épines, 169, 181
Chaboisseau à épines courtes, 169, 181
Chaboisseau bronzé Chabots, 166, 169, 174, 180
Challenger, expédition, 148
Chalut à anneau, 204
Chalut à perche, 149
Chalut Agassiz, 149
Chalut, 128, 149
Chamcook, 233
rivière, 286
Champignons, 84, 86, 286
Chance Harbour (N.-B.), 256
Changements annuels, cuvettes de marée, 99, 101
Changements journaliers, cuvettes de marée, 99, 101
Charbon actif, 191
Chardonneret des pins, 243
Chardonneret jaune, 243
Charlotte, comté de (N.-B.), 165, 248, 253
Chasse, temps de, estuaires, 31, 34
Chauffage solaire, 31, 32, 46
Chelonidae, 256
Chélydre serpentine, 247, 255, 256, 258
Chêne, 285
Chesapeake, baie (États-Unis), 161
Chétognathes, 204, 205, 208, 209, 210
Chevalier branlequeue, 234, 241
Chevalier semipalmé, 240, 241
Chevalier solitaire, 241
Chevalier, 234
Chitons, 132, 138, 139, 140
Chlorophycées, 47
Chlorophylle
a, 194
b, 194
c, 194
mesure, 194
Chlorure de magnésium, 52
Chlorure de sodium, 285, 289
Chondrichthyens, 167, 170
Choquemort, 119, 168
Chordés, 135, 160
Chouette rayée, 242
Chrysophycées, 48, 188, 199
Ciliés, 86
Circulation de l'eau, 20, 21, 34
structure, 19, 21, 23, 24
Circulation estuarienne, 25, 31, 34
Cisaillement, 155, 161
Cladocères, 213, 217, 218
Clams, 80
Clark-Bumpus, filet, 189
Climat, 5–8, 9
Clupeidae, 167, 173, 176
Clupeiformes, 167
Clypéaster, 84, 86, 88
Cnidaires, 204, 205, 209
Cobscook, baie (Maine), 9, 10, 20, 21, 186, 204, 239
Cod, cap (États-Unis), 265
Coefficient de Czekanowski, 153
Coelentérés, 126, 132, 133, 141, 142
Coin salé, 34
Coléoptères, 101
Coleson Cove (N.-B.), 2, 36
Colibri à gorge rubis, 242
Collecteur à succion, 129
Collecteurs rectangulaires – benthos, 149, 151
College of the Atlantic, 268, 271
Colombie-Britannique, 188, 245
Colonies d'oiseaux de mer, 229, 230
Colonisation intertidale, 49, 51
Colubridae, 256
Coma (choc thermique), 46
Comité inter-universités des provinces de l'Atlantique sur les sciences, 3
Communautés – peuplements
description (classification), 153, 156–158
structure, 143
Communautés intertidales des côtes rocheuses, 36–76
Complexe microbes – détritus, 152
Composition spécifique, différences spatiales, 153
Compteurs de particules, 193
Concurrence, 44, 48, 49, 50, 55
dans le biote, 140, 142
dans le plancton, 211
interspécifique, 161
intraspécifique, 49, 161
Conductivité, mesure de la salinité, 109
Conglomérats, 288, 290
Conifères, 288
Consommateurs, 106
zone intertidale, 83, 85
Convergence, 5, 23, 26, 34
Copélates, 217
Copépodes, 100, 185, 204, 206, 208, 209, 210, 213, 217–224, 232
Copépodites, larves, 213, 218, 223
Coptide du Groenland, 286
Coquille, 152
fonction, 45
habitat, 128, 130, 132, 133, 134, 135, 142
Cordon littoral, 118, 122, 289, 291
Cormoran à aigrettes, 230, 233, 239, 240
Cormorans, 228, 229, 234, 238
Corneille d'Amérique, 234, 242
Côte atlantique, 165, 188
Côtes rocheuses, 36–76
Cottidae, 165, 169, 174, 180
Couche rocheuse, 77
géologie, 126
Couleuvre à collier, 248, 257, 258
Couleuvre à ventre rouge, 246, 248, 256–257, 258
Couleuvre agile, 258
Couleuvre brune, 258
Couleuvre d'eau, 246, 247, 256, 258
Couleuvre mince, 246, 258
Couleuvre rayée des Maritimes, 247, 248, 257, 258
Couleuvre rayée, 245
Couleuvre tachetée, 258
Couleuvre verte, 246, 248, 257
Couleuvres, 245–259
couvert artificiel, 247

Coulicou à bec jaune, 241
Coulicou à bec noir, 242
Coulter, compteur, 193
Coups de fouet, algues, 49
Coups de vent, 5
Courant de Floride, 225
Courant Long Eddy, 229
Courantomètres, 19, 34, 150
Courants, 204
côtiers, 19, 21
de fond, 19, 23, 126, 130, 144
de marée, 23–25, 32
de surface, 19, 24, 28
résiduels, 11, 19–23
structures à petite échelle, 23
transport de nourriture, 158
variations à long terme, 19–23
variations saisonnières, 19–23
vitesse, 19
Courlis corlieu, 241
Cours d'eau, 253
Cours sur le terrain, 3
Course du vent, 24, 77, 144
Courtenay, baie (N.-B.), 154
Crabe appelant, 117
Crabe bleu, 161
Crabe commun, 214
Crabe nordique, 214
Crabe vert, 49, 85, 119
Crabes, 132, 234
Craie, 206
Crampons, 48
Cranberry, pointe (N.-B.), 124
Crapaud d'Amérique, 245, 246, 247, 251, 258
Crapauds, 251–252
Crécerelle d'Amérique, 241
Créosote de bois de hêtre, 193
Crevasses artificielles, 142
Crevettes, 132, 149, 208
Crochet arctique, 169
Croissance du biote, taux de, 142, 143
Crues, 8, 15
Crustacés, 86, 106, 120, 155, 205, 206, 209, 213–224, 229, 234, 235
Cryodécapage, plancton, 194
Cryptacanthodidae, 168, 176
Cténophores, 204, 205, 209
Cumacés, 204, 205, 206, 208, 210
Cumar R-9, 190
Cummings, anse (N.-B.), 280
Cuticule, 48
Cutler (Maine), 266
Cuvettes d'eau saumâtre, 100
Cuvettes dans les rochers, 37, 57, 99, 111, 245
Cuvettes de marée, 99–112
biomasse, 105, 106, 110
biote, 100, 101, 104, 105, 107, 110
cartographie, 108
classification, 99
conditions du milieu, 101–104, 105
diversité, 105
éclairement, 110
écosystèmes, 99–108
faune, 100, 104, 106
flore, 100, 101, 105, 106
hauteur, 99, 108
influence des marées, 101
ions, 101
méthodes d'étude, 108–111
nutriments, 110
orientation, 108
oxygène, 103, 107, 109, 110
oxygène dissous, 103
paramètres chimiques, 109, 110
pH, 103, 104, 110
position, 99, 106, 108
production, 106, 107, 108, 110
rapport surface/volume, 99, 100, 101, 102
refuges, 106
relations trophiques, 105, 106
réseau trophique, 106, 110, 111
salinité, 101, 109, 110
stabilité physique, 104, 109
stratification saline, 101, 102, 109
stratification thermique, 102, 109
succession biotique, 104, 105
superficie, 105, 106, 108
taille, 99, 108
température, 102, 103, 109, 110, 111
type I, 99, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 111
type II, 100, 105, 106, 111
type III, 100, 111
type IV, 101, 111
type V, 101, 111
variabilité, 101–104
variations diurnes, 101, 102, 103
variations saisonnières, 104
volume, 105, 106, 108
Cuvettes hyposalines, 100
Cuvettes intertidales, 99–112
Cuvettes permanentes d'eau douce, 101
Cuvettes permanentes d'eau salée, 99
Cuvettes salines, 245
Cuvettes temporaires d'eau douce, 101
Cuvettes temporaires d'eau salée, 100
Cycle biologique, algues, 48
Cyclope, 218, 219, 220
Cyclopteridae, 169, 175, 181
Cyclothones, 167
Cyphonautes, larve, 217
Cyprinodontidae, 168, 173
Cypris, larve, 48

D.D.T., 159, 260, 270
Danthonie à épis, 288
Dark Harbour (N.-B.), 266, 281
Dauphin à flancs blancs, 262, 267, 269, 271, 278, 279
Dauphin à gros nez, 264, 267, 277
Dauphin à nez blanc, 263, 267, 269, 278, 279
Dauphin commun, 264, 267, 278, 279
Dauphins, 260–284
Décalcification, 55, 206
Décantation, séparation du biote, 85
Décapodes, 151, 204, 205, 208, 210
Déchets de bois, 154
Déchets, immersion, 154
Décomposeurs intertidaux, 83, 84
Deep, anse (N.-B.), 124
Deer, île (N.-B.), 2, 8, 10, 12, 21, 25, 36, 38, 55, 67, 77, 126, 127, 128, 129, 133, 140, 141, 142, 143, 185, 186, 231, 233, 239, 246, 266, 267, 281, 282, 285, 286
archipel, 1, 2, 101
pointe, 1, 231, 232, 239, 281, 282
traversier, 232, 239
Dégel, 8
Delphinidés, 260–284
Dennis, ruisseau (N.-B.), 166
Dennstaedtia à lobules ponctués, 288

Dennys, baie (Maine), 239
Dénombrements d'oiseaux de Noël, 233, 236
Densité du biote, 129, 152, 153, 154
Densité optique, pigments, 194
Déperdition d'eau, biote intertidal, 45
Dépôts glaciaires, 77, 82
Dépots, organismes se nourrissant de, 84, 152, 155–162
Dépression, 5
Dérive de surface, 20
Dériveurs de fond, 19, 20
Deschampsie cespiteuse, 288
Deschampsie flexueuse, 41
Dessèchement, 39, 45, 46, 47, 49, 51, 99
Détergent, 189
Détritivores, 105, 107, 120, 132
Détritus, 107, 120, 152, 189, 206, 208, 210, 218
Développement agricole, 113, 118
Diatomées, 83, 84, 185–203, 206
  lavage, 190
Dichromate de sodium, 191
Dick, île (N.-B.), 230
Dickcissel, 243
Dieldrine, 260
Dièreville chèvrefeuille, 288
Diffusivité turbulente, 32
Digby (N.-É.), 165, 222, 224
Digby, goulet (N.-É.), 268, 269
  péninsule, 266
Digdeguash (N.-B.), village, 57, 66, 71
  estuaire, 1, 2, 10, 154–159
  havre, 289
  rivière, 2, 10, 12, 185, 186, 255
Dinner, cap (N.-B.), 124
Dinoflagellés, 185, 186, 188, 194, 206
Dinophycées, 199
Dipleurula, 214
Dipper, havre (N.-B.), 2
Dispersion du biote, 141
Distribution aléatoire, 151
Distribution antagoniste, 152
Distribution contagieuse, 151
Distribution en grappes, 151
Distribution par taille, biote, 129
Diversité, 36, 37, 39, 43, 50, 57, 71, 99, 100
  faunique, 165
  mesure de la, 153, 157, 158
  spécifique, 141, 143
Dominance, dans le biote, 128, 129, 140, 149, 153, 155–158
  marais, 120, 123
  zone intertidale, 50, 71
Dosage des gaz à l'infrarouge, 56
Draguage, 128, 131
  des ports, 154
Drague à pétoncles, 128, 149
Drague à roche, 149
Drague à succion, 149
Drague ancreuse, 149
Drague, 149
Drogues, 34
Duck, îles (N.-B.), 124
Duck, pointe (N.-B.), 124
Dunes, 234
Dur-bec des pins, 243
Dynamomètre, 56

Easport (Maine), 1, 2, 5, 10, 18, 19, 36, 231, 232, 233, 236, 239, 260, 281
East Quoddy, cap (N.-B.), 2, 231, 233, 239, 266, 280, 281, 282
East Salkeld, île (N.-B.), 230
Eastern Pond (N.-B.), 124
Eau de fonte, 124
Eau douce
  débit, 100, 101
  écoulement, 9, 12, 14, 15, 30, 31, 32, 34, 118, 122, 154, 165, 185
  poissons, 166
  ruissellement, 81, 83, 88, 100
Eau saumâtre, 81, 83, 100
Eaux canadiennes, 3
Eaux rouges, 188
Eaux tempérées, 166
Eaux usées, 154
Échantillonnage aléatoire, 129
Échantillonneur Brett, 129
Échantillonneur Kemmerer, 189
Éclairement létal, 47
Écrasement intertidal, 49
Ectoprocte, larve, 216, 217
Effet de serre, 102
Effet tampon, cuvettes de marée, 99
Efficacité de la conversion, 120
Eider à duvet, 229, 230, 233, 234, 236, 239, 241
Eiders, 234, 235
Élimination sélective, 50, 56
Embruns, 39, 43, 44, 45, 100, 101, 285, 289, 291
  zone, 245
Emigration du biote, 107
Émissole, 167
Endofaune, 85, 148. 152
  plancton, 208
Énergie, 2
  transfert, 228
Engoulement d'Amérique, 242
Engoulevent bois-pourri, 242
Éosine, 193
Épaulard, 264, 271, 278, 279
Éperlan arc-en-ciel, 167, 177
Éperlans, 167, 173, 177
Épibenthos, 148, 149, 158
Épifaune, 85, 126, 142
Épilobe, 286, 289
Épinette, 285, 286
Épinoches, 166, 168, 174, 179, 234
Épinoche à neuf épines, 165, 168, 179
Épinoche à trois épines, 100, 168, 179
Épiphytes, 50, 126
Érable à sucre, 286
Érable de Pennsylvanie, 288
Érosion, 32, 77, 79, 82, 83, 114, 116, 119, 126, 155, 158, 289
Érythrosine, 193
Escuminac (N.-B.), 256
Espace interstitiel, sédiments, 79, 81, 85, 86
Espèces
  interactions, 128
  variété, 153
Espèces clés, 50
Espèces foreuses, 126
Espèces pionnières (marais), 118
Espèces rares, 51
Estomac, analyse du contenu, 111, 210
Estuaire, 1, 5, 25, 31, 39, 41, 44, 113, 148, 154, 156, 157, 158, 161, 233
Esturgeon noir, 167
Esturgeons, 167, 172
Étage médiolittoral, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 71
Étagement, 41–50
États-Unis d'Amérique, 2, 3, 113, 118, 265, 283
Éthanol, 51, 152, 190, 191, 206, 272

Éther, 246
Étoile de mer, 45, 47, 50, 140, 144
Étrilles, 215
Étudiants, 3
Eupérol, 190
Euphausiacés, 204, 205, 206, 208, 210, 211, 231, 232
Euphotique, zone, 39, 40, 128, 132
Évaporation, 45, 46, 101
  effet sur la salinité, 117
Évitement du filet (plancton), 213
Exclusion réciproque, hypothèse, 159–161
Excrétion, 47
Exocets, 168
Exocoetidae, 168
Expériences d'élimination sélective, 50, 56
Expériences de marquage, 106
Exploitation forestière, 285
Exportation de la production, 120
  des matières nutritives, 107
Exposition à l'air, 100
  gradient, 39, 42
Extinction, 50
  coefficient d', 196
Extraction des organismes des sédiments, 87

F.A.A. (formol – acide acétique – alcool), 52
Facteurs limitants, 46, 120
  benthos, 156–162
Facteurs météorologiques, influence, 9, 11
Facteurs physiques causés par les marées, 37, 48
  modifiant l'influence de la marée, 39
Fairhaven (N.-B.), 2, 54, 55, 239, 266
Falaises, 40, 52, 82, 90, 229, 234, 235, 286, 288, 289, 290, 291
Fanons, 261, 272
Fast green, 192
Fatpot, île (N.-B.), 230
Faucon émérillon, 235, 241
Faucon pèlerin, 235, 241
Faune interstitielle, 86
Faune intertidale, 36–76
Faux-trigle maillé, 169, 181
Fèces, 47
Fécondation interne, 47
Fétuque rouge, 288, 289
Feuillus, 285
Filtration sur membrane, 192
Filtration, efficacité des filets à plancton, 213
Filtreurs, 47, 117, 132, 142, 158
Fish Harbour (N.-B.), 270
Fixation dans l'obscurité, 195, 196
Fixation, 52
Fixation, mécanismes, 48, 49
Fjords, 114
Flagellés, 188, 189, 194, 216
Flancs des rochers, peuplement, 131, 140, 144
Flat Wolf, île (N.-B.), 230
Flétan de l'Atlantique, 169, 182
Flétan du Groenland, 169, 182
Floculation, 117
Floes, 116
Flore intertidale, 36–76
Floride, 208
Flottation, séparation du biote, 85
Flotteurs des algues, 46
Fluorescéine de sodium, 193
Fluorescéine, 193
Fluorochromes, 193
Fluorométrie, mesure des pigments, 194
Fonds marins anciens, 126
Fonds meubles, peuplements, 148–164
Foramimifères, 216
Forêt caducifoliée, 235
Forêt côtière, 285–293
  climat, 285
  écologie, 285–292
  histoire post-glaciaire, 285
  suggestions d'étude, 289
  types de forêt, 285–286
Forêt d'épinette, 122
Forêt de conifères, 235, 248
Forêt ombrophile tropicale, 228
Forêts mixtes, 248
Formol, 52, 86, 152
  solution neutre, 189, 206, 214, 246, 273
Fossés, 247, 249, 251, 253
Fossiles, 165
Fou de Bassan, 230, 240
Fougères, 286
Fouisseurs, organismes, 80
Fragmentation, 143
Fragments de roche, 126, 143
Framboisier, 289
Frange infralittorale, 40, 42, 43, 46, 47, 49, 71
Frange littorale, 40
Fraye, poissons, 166
Fredericton (N.-B.), 18, 19, 246
Frêne noir, 286
Fréquence, biote, 141
Friar, route (N.-B.), 230
Friday Harbour (Maine), 222
Fringillidae, 235
Front de résistance, filet à plancton, 204
Fronts, 34
Frye, île (N.-B.), 2
Fuchsine acide, 214
Fucoïdes, 41, 45, 46, 49, 50
Fucus vésiculeux, 41
Fulmar boréal, 230
Fundy, écorégion de la baie de, 285
  comité d'études environnementales, 3
  énergie marémotrice, 36
  parc national, 236
Furcilia, 206

Gadidae, 165, 167, 174, 178, 267
Gadiformes, 167
Galvanisation, 150
Garde côtière canadienne, 149
Garrot à oeil d'or, 233, 241
Garrot de Barrow, 233, 238, 241, 242
Gaspareau, 167, 176, 267
Gasterosteidae, 169, 174, 179
Gasterosteiformes, 168
Gastropodes, 37, 47, 48, 50, 117, 119, 209
Gastrotriches, 86
Gaulthérie hispide, 286
Geai bleu, 242
Geai du Canada, 242
Gel de silice, 190
Gel, 81
  adaptation, 45, 46
  effets sur la salinité, 101
  embruns, 8
Gélatine, 190
Gelée de glycérine, 190
Gelée, 5
  dommages, 120, 121
Gélinotte huppée, 241

Genévrier commun, 289
Géologie du littoral, 126, 127
Géologie, 1, 3
Géomorphologie, 77
Georgie, 113, 120
Gestion de l'environnement, 9
Gestion des ressources, 162
Glace de mer, 5
Glace, 5, 25, 46
Glace, dommages causés par la, 120
Glaces, dérive, 116
Glaciation du Pléistocène, 77, 126, 285
Glaçons, 116
Globicéphale noir, 263, 269, 272, 277, 279
Glutaraldéhyde–éthanol, 192
Gnathostomulidés, 86
Goberge, 168, 178
Goéland à bec cerclé, 233, 241
Goéland à manteau noir, 229, 230, 231, 233, 234, 239, 241
Goéland arctique, 230, 233. 241
Goéland argenté, 50, 106, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 239, 241
Goéland bourgmestre, 230, 241
Goémon, 40, 46, 50, 126
Goglu, 243
Gonostomatidae, 167
Gouvernement fédéral, 3
Gouvernement provincial (N.-B.), 3
Gradient environnemental, 39, 99
Gradients écologiques, 291
Gradients, analyse, 153
Graines de plantes, 285
Grains (météorologie), 5
Graminées, 44, 50, 285
Grand bec-scie, 233, 234, 241
Grand chevalier, 241
Grand corbeau, 234, 235, 242
Grand cormoran, 233
Grand Falls (N.-B.), 12, 34
Grand héron, 230, 235, 239, 240
Grand Lake (N.-B.), 256
Grand Manan, bassin, 207
  chenal, 10, 21, 38, 228, 229, 265, 268, 270
  île, 1, 2, 8, 10, 21, 36, 38, 55, 77, 114, 126, 185, 204, 206, 224, 229, 239, 246, 260, 261, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 281
  région, 260, 265, 268
  station de recherches, 282
  traversier, 229, 239
Grand morillon, 233, 234, 241
Grand Passage (N.-B.), 266, 268
Grand requin blanc, 166, 167, 171
Grand tremble, 289
Grand-duc d'Amérique, 229, 242
Grande raie, 167, 171
Granite, 79
Granules, 77
Grattoir, échantillonnage biotique, 129
Gravier, 77, 78, 82, 84, 87, 117, 122
Great Duck, étang, 122, 240
Grèbe cornu, 228, 233, 240
Grèbe jougris, 233, 240
Grèbes, 234
Green Rock (N.-B.), 230
Green, pointe (N.-B.), 281, 282
Grenadier de Baird, 168
Grenadiers, 168, 174
Grenouille des bois, 245, 246, 247, 248, 253–254, 258
Grenouille des marais, 246, 247, 254–255, 258
Grenouille du Nord, 247, 253, 258
Grenouille verte, 246, 247, 253, 258
Grenouille-léopard du Nord, 247, 254, 258
Grenouille-léopard, 245
Grenouilles, 245–258
Grès rouge, 288
Grès, 79, 288
Grimpereau brun, 242
Grive à dos olive, 242
Grive à joues grises, 242
Grive des bois, 242
Grive fauve, 242
Grive solitaire, 242
Groenland, 207
Gros-bec errant, 243
Grottes, 52
Groupes récurrents, analyse, plancton, 215, 217, 220, 221, 222, 223, 224, 225
Grues pour échantillonnage benthique, 149, 150, 152
Guillemot à miroir, 229, 230, 233, 234, 239, 241
Gulf Stream, 224
Gymnosomes, 209

Habitat boréal, 285, 286
Habitat saumâtre, 208, 221
Habitats côtiers, 245
Habitats cryptiques, 126, 132, 140, 142
Habitats des crevasses, 131
Habitats montagneux, 285
Haddock, éperon, 127, 140
Halifax (N.-É.), 19
Halocline, 102
Hardwood, île (N.-B.), 230, 239, 286
Hareng atlantique, 167, 176
Hareng, 166, 167, 173, 176, 185, 188, 206, 209, 210, 211, 231, 260, 266, 267, 269
  fascines, 267
  larves, 32
  mortalité, 188
Hareng, pêcheurs, 260
Harfang des neiges, 242
Harpacticidés, 218
Hathaway, cap (N.-B.), 127, 140
Hatteras, cap (États-Unis), 207
Head Harbour, passage (N.-B.), 1, 2, 10, 20, 21, 32, 186, 210, 228, 229, 231, 232, 236, 239, 260, 266, 268, 281
Hématimètre, 192
Hémérocalle, 286
Hémichordés, 216
Hémitriptère atlantique, 169, 180
Herbacées, 118
Herbages, 289
Herbe à liens, 119
Herbivores, 105, 106, 107, 120, 132, 188
  plancton herbivore, 209
Héron vert, 240
Hérons, 229, 239
Herring, baie (N.-B.), 124
  anse (N.-B.), 239
Hétérotrophes, 107
Hêtre, 286
Hexaméthylènetétramine, 52
Hibernation, amphibiens et reptiles, 245, 258
Hibou des marais, 235, 242
Hibou moyen-duc, 242
Hirondelle à front blanc, 235, 242
Hirondelle bicolore, 242
Hirondelle de rivage, 235, 242
Hirondelle des granges, 235, 242

Hirondelles, 228, 235
Histoire climatique, 165
Histoire géologique, 165
Histoire, 1
Hog, île (N.-B.), 230
Holey, pointe (N.-B.), 2, 43, 56, 59, 60, 71, 102, 111
Holoplancton, 204, 205, 206, 210, 213, 216
Holozooplancton, 204, 205, 206, 210, 213, 216, 217
Homard américain, 214
Homard, 50, 132
Hospital, île (N.-B.), 230
Houblon commun, 286
Huart à collier, 233, 238, 240
Huart à gorge rousse, 233, 240
Huarts, 228, 234, 238, 239
Hudson, baie d', 165
Huîtres, larves, 209
Humidité, 5, 8, 40, 45
Hunter, benne, 150, 151, 152, 154
Hydraires, 48, 51, 85, 139, 140, 144
Hydrates de carbone, 120
Hydrodynamisme, 126, 142
Hydroxyde de potassium, 191
Hydroxyde de sodium (NaOH), 110
Hyperoxygénation, 103
Hypotrèmes, 170, 171
Hypoxie, 153, 158, 159, 161
Hyrax, 190

Icèle spatulée, 169
Identification benthos, 152
  biote intertidal, 51
Île du Prince-Édouard, 2, 46
Immersion, 46
Immigration du biote, 107
Impédance électrique, 45
Importations de matières nutritives, 107
Incendies, 285, 286
Indian, île (N.-B.), 2, 231
Indian, pointe (N.-B.), 2, 82, 83, 84, 85, 234, 238
Infralithique, habitat, 80, 85
Infralittoral, biote, 84, 156, 160
  peuplements, 126–164
Inondations, 8
Insectes suceurs, 118
Insectes, 118, 235, 252
Insolation, 81, 102
Instagel, 196
Institut de recherche sur le saumon de l'Atlantique, 286
Institut océanographique de Bedford, 2, 24, 131
Intempéries, 120
Interactions animaux–sédiments, 148
Interactions biologiques, 44, 46, 99
Interface air–mer, 30
Interface sédiment–eau, 148, 151, 158, 159
Intoxication paralysante par les mollusques, 188
Invertébrés, 161, 234, 235, 256
Iode, 190
Iodure de potassium, 190
Ion hydrogène, concentration, 103
Islande, 5
Isles of Shoals (Maine), 99
Isopodes, 46, 51, 85, 86, 88, 94, 119
Isopropanol, 52

J.L. Hart, 148, 149, 152
Jaseur boréal, 228, 242
Jaseur des cèdres, 242
Jaune acridinique, 193
Jet de rive, 40, 45
Joes, pointe (N.-B.), 2, 57, 64, 65, 71
Jonc de Gérard, 119
Joncs, 101
Joule, effet, 32
Juday, bouteilles, 189
Jumelles, 236, 247, 280
Junco ardoisé, 236, 243

Kalmia à feuilles étroites, 286
Katys, anse (N.-B.), 10, 25, 34
Kiefers, solution, 190
Kilmarnock, cap (N.-B.), 2, 286, 287, 288, 289
Kings, comté (N.-B.), 249, 257

Labbe parasite, 231, 241
Labbe pomarin, 231, 241
Labbes, 231
Laboratoire maritime Hunstman, 3, 31, 32, 56, 60, 64, 127, 186, 238
Labrador, 98, 165, 207, 208
  courant, 165, 224
Labres, 168, 175
Labridae, 166, 168, 175
Lackey, méthode du microtransect, 193
Lacs, 245, 247, 249, 253
Lacuna commune de l'Atlantique, 50
Lagune, 57
LaHave (N.-É.), 265
Laimargue atlantique, 166, 167
Laisse de haute mer, 83, 88
Laitue de mer, 42
Lamelles de microscope, mélange p ur sceller, 190
Lamies, 167
Lamnidae, 167
Lampe sous-marine, 129
Lamproie marine, 167, 170
Lamproies, 169, 170
  cicatrices, 273
Lançon, 168, 176
Larinés, 80, 228, 229, 230, 232, 233, 234, 238, 239
Larves d'insectes, 100
Larves planctoniques, 47, 48
Larves, plancton, 204, 213–217
  comportement, 142, 143
  fixation, 152, 159
Latite à quartz, 288
Léonardville (N.-B.), 239, 281
Lepreau (N.-B.), 2, 54, 55, 233
Lepreau, pointe (N.-B.), 1, 2, 5, 10, 21, 38, 185, 233, 240, 260
Letang (N.-B.), 2, 54, 55
  estuaire (inlet), 1, 2, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 159
Letete (Letite) (N.-B.), 41, 43, 48, 57, 69, 111, 132, 133, 239, 268, 281
  passage, 1, 2, 10, 11, 13, 20, 21, 28, 57, 185, 186, 229, 231, 233, 239, 266, 267, 280, 281
  péninsule, 126
Levées, 115, 119, 121, 123, 124
Liberty, anse (N.-B.), 124
  pointe (N.-B.), 239
Lichens, 41, 48, 51, 286, 288
Ligne de côte
  affaissement, 113, 120, 121
  exhaussement, 116
  types, 126, 127
Limace atlantique, 169
Limace des pectens, 169
Limande à queue jaune, 169, 182
Lime à grande tête, 169

Limites de la zone intertidale, 45, 46, 48
Limon, 77, 78, 79, 82, 86, 122, 152, 159
Lingley Cove (Maine), 269
Linnée boréale, 286, 289
Lipides, 120
Liste des poissons, 166–169
Lithothamnion, zone, 132
Little Lepreau, bassin, 240
Little Letete, passage, 10, 23, 239
Loch Striven (Écosse), 223
Lompénie tachetée, 168, 180
Lompénie-serpent, 168, 180
Long, île (N.-É.), 266, 269
Lophiidae, 167, 173
Lophiiformes, 167
Loquette d'Amérique, 161, 168
Loran-C, réseau, 149
Lords Cove (N.-B.), 2, 239
Lorneville (N.-B.), 24, 36, 260
Loup atlantique, 168
Loup tacheté, 168
Lower Duck, étang (N.-B.), 124
Lower St. Marys (N.-B.), 246, 252
Lubec (Maine), 236, 239, 266
  goulet, 10, 20
Lugol, solution, 190
Lumière
  intensité, mesure, 110
  niveaux, 37, 39, 46
  pénétration, 31, 32, 131, 141, 144, 185, 195–196
  qualité, 39, 47
  transmission, 47, 185, 195–196
Lumière incidente, mesure, 110
Lune, effets sur la marée, 9
Lurcher, haut-fond, 266
Luzule champêtre à fleurs multiples, 289
Lycode à tête longue, 168
Lycodes, 168, 174
Lycopode, 286
Lymnéidés, 100
Lyophylisation, plancton, 214

Macareux moine, 231, 241
Maces, baie (N.-B.), 2, 228, 229, 235, 236, 240
Macreuse à ailes blanches, 233, 241
Macreuse à bec jaune, 233, 241
Macreuse à front blanc, 233, 241
Macreuses, 228, 234, 239
Macrocrustacés, 89
Macrofaune, 80, 85, 86, 148, 151, 155, 158–161
Macrophytes, 83, 99
Macroures, larves, 214
Macrouridae, 168, 174
Macrozooplancton, 204–212, 213
Madeleine, îles de la, 77
Magaguadavic, rivière (N.-B.), 10, 12, 154, 185, 255
  estuaire, 1, 2, 154
Magnésium, 101
Maïanthème du Canada, 286, 289
Maine, 2, 5, 10, 12, 21, 23, 98, 99, 127, 229, 236, 239, 246, 260, 267, 281
  relevé des oiseaux de rivage, 237
Maine, golfe du, 9, 19, 22, 24, 25, 165, 185, 188, 204, 207, 209, 222, 223, 224, 260
  tourbillon, 260
Maladies des plantes, 285
Mallotus, 149
Mammifères, 106, 118
Mammifères marins, 260–284
  abondance, 260, 265
  âge, 270
  alimentation, 267, 270
  anatomie, 270, 274–276
  caractéristiques, 261–265, 276–278
  cavité thoracique, 274
  cerveau, 275
  circulation sanguine, 270, 274, 275
  clé des espèces, 276–278
  comportement, 278
  dents, 272, 275
  dissection, 272, 273–275
  échouement, 271
  écologie, 270
  énergétique, 270
  espèces menacées d'extinction, 261, 262
  estomac, 270, 272, 274, 276
  études, 270
  foie, 270, 274, 276
  graisse, 272, 273, 274
  liste, 261–265
  mesures de sécurité, 281
  mesures standard, 272–273
  méthodes d'étude, 271
  migration, 262, 266, 268
  observation, 278–282
  organes de la tête, 275
  parasites, 271, 273, 274, 275
  prédation, 270, 271
  recherche, 282
  reproduction, 269
  silhouettes, 279
  situation, 261–265
  squelette, 274
  système digestif, 274
  système locomoteur, 270, 275
  système rénal, 270, 274
  système reproducteur, 272, 274, 276
  viscères abdominaux, 274
Manawagonish, anse (N.-B.), 122
  île, 122, 230
  marais salé, 114, 116, 119, 120, 121, 122, 123
Manche, 209, 269
Mangrove, 113
Maquereau bleu, 168
Maquereau, 168, 174, 206, 260, 267, 269
Maraîche, 167, 171
Marais d'émersion, 115, 117, 119, 122, 123
Marais doux, 245
Marais salés, 1, 3, 5, 96, 113–115, 234, 235, 289
  aération du sol, 117, 122
  biomasse, 117, 120, 121
  biote, 118–121
  chenaux, 115, 117, 118, 121, 122, 123, 124
  chenaux de drainage, 115
  classification, 113
  communautés, 118–121
  cuvettes, 115
  digues, 113, 118, 121, 122
  distribution, 113, 114
  énergie, 120
  estuaire, 117
  falaise, 115
  faune, 118
  flore, 118–121
  géographie physique, 113–117
  graines, 118
  ligne de rivage, 115
  méthodes d'étude, 121

nutriments, 120, 121
pannes, 115, 116, 119, 123
perméabilité du sol, 117, 121
production primaire, 120
profils, 114, 115, 116, 118, 121, 123, 124
réseau de drainage, 114, 115
salinité, 117, 118
sédiments, 113, 116–117, 122
sol, 116–117, 121, 122
stabilité, 116, 121
structure, 113–117
succession, 120
systèmes, 113–125
température, 121
zonation, 118, 121, 123, 124
Marée de morte eau, 10, 37, 39, 82, 83, 99, 113, 115, 118, 119, 123
Marée de vive eau, 10, 37, 42, 82, 83, 99, 100, 115, 119, 123, 128, 140, 144, 245
Marée diurne, 9
Marée lunaire semi-diurne, 9
Marée noire, 32, 260, 291
Marée résiduelle, 11
Marée solaire, 11
Marées, 1, 9, 37–40, 77, 99
asymétrie, 23
barres d'écume, 23
brassage, 5, 9, 25, 30, 31, 32, 165, 185, 210, 223, 260
clapotis, 23
correction, 53, 54, 55
courants, 1, 9, 11, 12, 25, 30, 32, 39, 57, 82, 114, 152, 154, 155, 157, 159, 160, 161, 185, 206, 210, 229, 260
courbe, 39
cuvettes, 99–112
alimentation en eau, 99
cycle, 31, 82, 101
dissipation, 32
échange, 1, 114, 132
effets, 9
énergie, 11, 152, 156, 157
excursion, 31
forces génératrices, 37
hauteur, 9, 108–109
intervalles, 37
marais, 113–125
marnage (amplitude), 5, 9, 11, 37, 39, 55, 83, 84, 87, 113, 114, 115, 185, 260
mouvement, 102, 142
niveau, 55
oscillation, 9, 37
prédictions, 9, 11, 32, 37, 53
prisme, 30, 31
résonance, 9
tables, 37, 53, 54
Marine Research Associates, 265
Maritimes, marais, 113
Marmette de Brünnich, 233, 241
Marmette de Troïl, 241
Marmettes, 231, 240
Marsouin commun, 260, 262, 267, 268, 270, 273, 277, 279, 281
Marsouins, 260–284
Martin-pêcheur d'Amérique, 235, 242
Martinet ramoneur, 242
Mascarene, presqu'île (N.-B.), 285, 286
Masses d'air, 5
Masses d'eau, 34, 260
Massettes, 119
Matière en suspension, 185
Matière organique dissoute, 107, 120
Maurolique de Müller, 166, 167
McMaster, île (N.-B.), 2, 239
Médiane (granulométrie), 78
Méduses, 204, 207, 209
Mégafaune, 148, 149, 155
Mégalope, 214
Méïofaune, 86, 148
Melon, 263, 275
Menés d'eau saumâtre, 168, 173, 234
Menthol, 51, 52
Mer Baltique, 269, 270
Mer du Nord, 223, 269
Mer Méditerranée, 129, 142
Mercure, 260, 270
Mergule nain, 230, 231, 233, 241
Merisier, 289
Merle d'Amérique, 228, 236, 242
Merle-bleu de l'Est, 242
Merlu argenté, 168, 179
Merluche blanche, 168, 178
Merluche-écureuil, 168, 178
Merlus, 106, 206
Méroplancton, 204, 213, 214, 220
Mérou noir, 168
Merthiolate (éthylmercurethyosalicylate de sodium), 189
Mésange à tête brune, 235, 242
Mésange à tête noire, 242
Mesureur de flux, 189
sur filet à plancton, 204, 214
Metanauplius, 206
Métaux lourds, 159
Météorologie, 5–8, 32, 37
Méthane (CH_4), dans les sédiments, 81
Méthode du ^{14}C, 56, 84, 195, 196, 197
Méthodes de relevé, 52, 121
cuvettes de marée, 108
Méthodes expérimentales, 55, 56
Méthodes quantitatives, zone intertidale, 55
Méthodes, 3
Mètre rigide, 53
Mexique, golfe du, 208, 229
Micro-organismes anaérobies, 86
respiration, 47
sédiments, 117
Micro-organismes, 81, 84, 86, 148
Microbenthos, 148
Microbiote, 120
Microcrustacés, 213–227
Microfaune, 85, 86
Microflore, 148
Microhabitats, 37, 41, 51, 84, 126, 128
Microphones, 236
Microphytes, 84
Microscope électronique à balayage, 190, 192, 194
Microscope électronique à transmission, 190, 192
Microscope inversé, numération du plancton, 193
Microscopie à immersion dans l'huile, 190, 192
Microscopie de fluorescence – phytoplancton, 193
Microscopie en contraste de phase, 190
Microzooplancton, 204, 213–227
Migration des plantes, 285
Migration verticale diurne, 204, 206, 208, 210
Migration verticale, plancton, 204, 206, 208, 210
Millipore, mesure des particules, 193
Minas, bassin, 9, 10, 37
Minas, chenal, 223
Minéralisation, 108, 121
Minéralogie, 79
Minister, île (N.-B.), 2, 10, 29, 238

Ministère des Pêches et des Océans du Canada, 266, 271, 283
Minke, île (N.-B.), 280
Miocène, 165
Miramichi, estuaire (N.-B.), 260
Mirex, 270
Mode (vagues), 42, 43, 44, 71
  échelles biologiques d'exposition, 56
  indices, 56
  mesure, 56
Modèles mathématiques, 30
Modes de collecte, zone intertidale, 51–56
Modes de reproduction, 47
Modiole, 132, 144
Mohawk, île (N.-B.), 230
Moineau domestique, 243
Mois lunaire, 37
Môle commun, 169
Moles, 169
Molidae, 169
Mollusques, 51, 86, 106, 118, 129, 152, 155, 160, 188, 205, 209, 214, 234, 235
  bivalves, 126, 132, 133, 141, 143
  gastropodes, 126, 133, 141, 142, 143
Monades, 190
Moncton (N.-B.), 114
Moosehorn National Wildlife Refuge (Maine), 228, 239, 246, 252, 256
Moqueur polyglotte, 242
Moqueur roux, 242
Moqueur-chat, 242
Morillon à collier, 241
Morue de l'Atlantique, 168, 178
Morue, 206
  pêche, 266
  trappes, 266
  ver, 260
Morues, 165, 166, 167, 174, 178
Motelle à quatre barbillons, 168, 179
Moucherole phébi, 242
Moucherolle à côtés olive, 242
Moucherolle à ventre jaune, 235
Moucherolle des aulnes, 242
Moucherolle tchébec, 235, 242
Mouette de Bonaparte, 232, 233, 236, 241
Mouette pygmée, 231, 241
Mouette tridactyle, 230, 231, 232, 233, 240, 241
Moulages de plastique, 142
Moule bleue, 119, 132, 234
Moules, 46, 47, 49, 50, 85, 88
Mousse, 52, 248, 286
Mt. Desert (Maine), 223
Mt. Desert, île (Maine), 288
Mucilage adhésif, 48, 52
Muscongus, baie (Maine), 236
Musée national des sciences naturelles, 152, 245, 246
Musquash (N.-B.), 113, 119
  cap, 104
  district, 285
  estuaire, 149, 153, 154, 156, 157, 158, 159
  marais, 240
  rivière, 154
Mye, 106
Myrique baumier, 119
Mysidacés, 204, 205, 206, 210
Mystacocaridiae, 86
Myxine du nord, 166, 170
Myxines, 166, 169, 170
Myxiniformes, 166

Nageoire caudale, 261, 262
Nageoires, 261, 262, 263
Naissain, 142
Nanoplancton, 189, 191
Nansen, bouteilles, 150, 189
Narine tubulaire, 230
Nashwaak, rivière, 252
Nauplius, 206, 213, 215, 217
Navigation, 1, 9, 11, 148, 149
Navires-citernes, 1, 291
Navy, île, 2, 281
Nécrophages, 132, 149, 158, 160, 230
Needler, A.W.H., 3
Neige, 5, 7, 8, 116
Nématodes, 86, 120
Némertiens, 133, 235
Némopanthe mucroné, 286
Nénuphars, 248
Neuston, 206
New Hampshire (États-Unis), 50, 222
New Jersey (États-Unis), 208
New River (N.-B.), 240
New River Beach (N.-B.), 2, 239
New York, 113
Niger, récif, 281
Nikonos, appareil photographique, 129, 130, 145
Niskin, bouteille, 189
Nitrate, 108
  (NO_3^-), dans les sédiments, 81
Niveau (arpentage), 52, 53
Niveau de compensation, 47, 103, 195
Niveau de la mer, variations indépendantes de la marée, 11
Niveaux critiques de la marée, 44
Nombre estuarien, 30, 34
North American Committee of Marine Mammalogists, 272
North, promontoire, Grand Manan (N.-B.), 54, 188, 288
Northern, cap, 2, 268, 281
Northumberland (R.-U.), 221
Northumberland, détroit de, 256
Nourriture
  amphibiens et reptiles, 245
  approvisionnement, 126, 142
    benthos, 158, 160
    poissons, 166
    zooplancton, 221, 223
  chaîne trophique, oiseaux, 228, 229–230
  disponibilité, 47
  répartition des ressources, 132
  réseaux trophiques, 267
    plancton, 206–211
Nouveau-Brunswick, 2, 8, 10, 21, 113, 126, 131, 142, 154, 223, 234, 237, 239, 245, 247, 248, 250, 251, 252, 253, 254, 256, 257, 266, 268, 271, 285, 286
  ministère des Ressources naturelles, 237, 238
  Musée, 228, 245, 246
Nouvelle-Angleterre, 99, 105, 113, 117, 165, 286
  aquarium, 270, 282
  zone intertidale, 49
Nouvelle-Écosse, 2, 5, 10, 21, 85, 113, 165, 217, 223, 224, 230, 234, 240, 246, 248, 250, 251, 255, 265, 266, 270, 271
Nub, île (N.-B.), 127, 130, 144, 145
Nudibranches, 51, 52
Numération des organismes, 152
Nutriments inorganiques, 108
Nutriments, 37, 84, 132, 161, 189, 228, 260

Oak Bay, étang (N.-B.), 25, 34
Oak, baie (N.-B.), 2, 10, 23, 26, 186, 238

Oak, pointe (N.-B.), 249
Océan Arctique, 165, 166
Océan Atlantique, 165, 185, 207, 208, 235
Ocean Search Ltd., 282
Océanographie physique, 9
Océanographie, 1, 3, 9
Ocypodidés, larves, 215
Odontaspididae, 167
Odontocètes, 260–284
Oecicérosidés, 208
Oeufs, plancton, 207–208
Office de recherches sur les pêcheries, 1, 23
Oiseaux chanteurs, 228, 229, 231, 235
Oiseaux de rivage, 80, 228
Oiseaux migrateurs, Loi sur la Convention, 238
Oiseaux, 106, 118, 228–244
  alimentation, 229, 231, 233, 235
  baguage, 238
  colonies, 229, 230
  communautés, 228–244
  eaux côtières, 232–234
  écologie, 228–240
  habitats terrestres, 235–236
  haute mer, 229, 239
  littoral, 234–235
  marquage, 237
  méthodes d'études, 236
  méthodes de capture, 236, 237
  migration, 229, 235, 236, 238, 239
  observation, 236
  passages, 231
  pélagiques, 228
  points d'étude, 238
  de proie, 228
  relations trophiques, 228
  reproduction, 228–230, 236
Old Proprietor, haut-fond, 266, 281
Old Sow, 1
Oligochètes, 86
Oligoéléments, 120
Oligohalin
  espèces, 101
  habitat, 208
Oligotriches, 216
Oligotrophes, eaux, 195
Omble de fontaine, 167, 177
Omnivores, 50, 149, 158, 160
Onagre parviflore, 288, 291
Onde stationnaire, 37
Ondes de surface, 34
Ondes de tempête, 11, 82
Ondes internes, 25, 29, 30
Ontario, 255
Oothèque, 48
Opercule, fonction, 45
Ophiure, 132, 144
Opportuniste, alimentation, 47
Orange acridinique, 193
Organismes intertidaux, 80
Organismes se nourrissant de matière en suspension, 84, 132, 142, 149, 155, 158, 160
Oriole du Nord, 243
Osmeridae, 165, 167, 173, 177
Ostéichthyens, 167, 170, 172
Ostracodés, 100, 217
Ostryer de Virginie, 285
Ottawa (Ontario), 18, 19
Ouaouaron, 247, 252, 258
Ouragans, 5
Oursin vert, 42, 50, 84, 86, 88
Oursins, 45, 50, 84, 88, 130, 132, 144
Oven, promontoire (N.-B.), 2, 57, 59, 66, 154, 289–291, 292
Owens, cap, 239
Oxalide de montagne, 286
Oxford (N.-É.), 255
Oxyde de germanium, 189
Oxygène dissous, 103, 107, 109, 111
Oxygène, 195, 197
  appauvrissement, 245
  bulles, 83
  concentration dans les sédiments, 77, 81
  courbes diurnes de la production, 197
  dans le sol des marais, 117
  dissous, 103, 107, 109, 110, 161
  mesure, 109
  saturation, 103, 109, 110
  sursaturation, 103, 110

Pacifique Nord, océan, 165
Pacifique, côte, 49, 165, 188
  océan, 165, 207, 209
Paléoécologie, 126
Paléozoïques, roches, 126
Palmer-Maloney, cellule, 191
Palynologie, 285
Pandalus II, 149
Panneau dépresseur, 149
Pannes, 115, 116
  de chenal, 116
  glaces flottantes, 116
  de Pethick, 116
  primaires, 116
Papier à herbier, 52
Paruline à calotte noire, 242
Paruline à collier, 236, 242
Paruline à couronne rousse, 240, 242
Paruline à croupion jaune, 236, 242
Paruline à flancs marron, 242
Paruline à gorge orangée, 242
Paruline à joues grises, 242
Paruline à poitrine baie, 235
Paruline à tête cendrée, 235, 242
Paruline bleue à gorge noire, 242
Paruline couronnée, 235, 242
Paruline des ruisseaux, 242
Paruline du Canada, 236, 242
Paruline flamboyante, 236, 243
Paruline jaune, 242
Paruline masquée, 236, 242
Paruline noir et blanc, 242
Paruline obscure, 242
Paruline polyglotte, 242
Paruline rayée, 242
Paruline tigrée, 242
Paruline triste, 242
Paruline verte à gorge noire, 242
Parulines, 235
Passamaquoddy, projet de centrale marémotrice, 36
  étude sur l'exploitation de l'énergie, 2
Passereaux, 234, 235
Passerin indigo, 243
Patelles, 46, 50, 84, 132, 141, 142
Pâturages, 285
Pavage intertidal, 83
PCS, 196
Pea Point, île (N.-B.), 71, 72

Pea, pointe (N.-B.), 2, 59, 71, 72, 73
Pêche excessive, 261
Pêches commerciales, 165
Pêches, 1, 9, 165
Pèlerin, 167, 170
Pellicule algale, 142
Pellicule bactérienne, 142, 143
Pente du rivage, 40
Perce-pierre, 41, 288, 289
Percichthyidae, 168, 175
Perciformes, 168
Peroxyde d'hydrogène, 195
Petersen, benne, 150, 151
Petit garrot, 233, 234, 240, 241
Petit pingouin, 231, 233, 240, 241
Petit rorqual, 260, 262, 267, 268, 270, 276, 279, 281
Petite buse, 241
Petite nyctale, 242
Petite poule de mer atlantique, 169, 181
Pétoncle d'Islande, 132
Pétoncle géant, 141, 144
Pétrel cul-blanc, 230, 240
Pétrel océanite, 228, 231, 240
Pétrels, 231
Petroff-Hausser, cellule, 192
Petromyzontidae, 167
Petromyzontiformes, 167
Peuplements des cavités, 131, 142
Peuplements des surfaces supérieures, 131
Peuplier, 285
pH, 99, 103, 191, 195, 196
  indicateurs, 110
  mesure, 110
  du sol, 288, 291, 292
Phalarope hyperboréen, 231, 232, 241
Phalarope roux, 230, 241
Phalaropes, 228, 231, 232, 239
Phénolphtaléine, 110
Phéophycées, 47
Phéophytine, 194
Philip, rivière (N.-É.), 255
Phocénidés, 260–284
Phocidés, 270
Pholidae, 168, 175
Phoque commun, 260, 265, 268, 270, 278
Phoque gris, 260, 265, 270, 278
Phoques, 260–284
Phoronidiens, 216
Phosphate, 108
  dans les marais, 117, 120
Phosphore, 101, 120
Photogrammétrie, 129
Photographie aérienne, 23
Photographie sous-marine, 149
Photographie, 55, 129, 130, 131, 132, 143, 236
  couple stéréographique, 129, 145
  flash électronique, 129
  gros plan, 129, 130
  mammifères marins, 271, 280, 282
  sous-marine, 149
  télécommande, 128
Photomètres, 110
  sous l'eau, 195
Photophiles, algues, 128
Photosynthèse, 46, 83, 103
  radiations, 195
  taux, algues, 108
Phytobenthos, 84
Phytoplancton, 132, 185–203, 209, 210, 213, 216, 223, 228
  abondance, 185, 188, 189, 198
  biomasse, 198
  caractéristiques saisonnières, 185, 186
  collecte, 185
  communauté, 185
  concentration, 189
  culture, 189, 190
  cuvettes de marée, 106
  distribution, 185, 188
  diversité, 185, 188
  échantillonnage, 188
  écologie, 189
  examen, 185
  filets, 189
  films superficiels, 189
  filtration, 189, 191, 192, 196
  identification, 190
  mesure de la biomasse, 185, 189, 198
  méthodes d'étude, 188–198
  numération, 185, 189, 191, 192
  pigments, 194–195
  poussée, 260
  préservation, 189
  production, 185, 189, 195
  respiration, 197
  succession, 188
  système, 185–203
  taille, 188
Pic à dos noir, 242
Pic chevelu, 242
Pic flamboyant, 242
Pic maculé, 242
Pic mineur, 242
Pics, 235
Pie-grièche grise, 242
Pigeon biset, 241
Pilots, 128
Pin blanc, 286
Pin, 285
Pioui de l'Est, 242
Pipette, analyse des sédiments, 154
Pipit spioncelle, 242
Pittston Corp., 260
Plages à mode battu, 81
Plages à mode calme, 81
Plages de roches fragmentées, 57
Plages de sable, 57
Plages, 77–98
Plaine bâtarde, 286, 288, 289
Plaine littorale, marais, 113, 117, 118
Plancton cosmopolite, 220
Plancton épibenthique, 205, 207–208, 210, 222
Plancton océanique, 210, 220, 221
Plancton pélagique, 205, 207, 209
Planctontes, 204–227
Plantes microscopiques, 107
Plantes vasculaires, 51, 101, 115
Plate-forme, 128, 143
Plateau continental Scotian, 19, 204, 207, 211, 215, 220, 221, 244, 225
Plateau continental, 40, 128, 265, 267
Plathelminthes, 86, 155
Plâtre de Paris, mesure du mode, 56, 104
Pléthodontidés, 250
Pleurax, 190
Pleuronectidae, 165, 169, 173, 182
Pleuronectiformes, 169

Pleurotrèmes, 170
Plie du Canada, 169, 182
Plie grise, 169, 183
Plie lisse, 169, 183
Plie rouge, 49, 106, 169, 183
Pliocène, 165
Pluie, 5, 7, 8, 12, 39, 81, 100, 101, 117
  variation de la salinité, 101
Pluies acides, 245
Pluies salines, 245
Pluvier argenté, 241
Pluvier doré d'Amérique, 241
Pluvier kildir, 234, 241
Pluvier semipalmé, 229, 234, 241
Pluvier, 234
Poche incubatrice, 47
Pocologan, 2, 87, 88, 89
Poids sec de la biomasse, 110
Poids sec sans cendre, 55, 81, 110
Poids
  après décalcification, 110
  sans cendre, 110
  sec, 110, 111
  vif, 106
Pointe Lepreau, centrale nucléaire, 11, 36
Points au hasard, 55
Poisons, 188
Poisson de fond, 148
Poisson-alligator, 169
Poissons anadromes, 166
Poissons catadromes, 166
Poissons démersaux, 206
Poissons osseux, 170, 172
Poissons pélagiques, 166
Poissons plats, 182
Poissons, 51, 106, 118, 138, 161, 165–184, 188, 206, 209, 214, 223, 229, 231, 234, 235, 245, 256
  clé, 169–183
  communautés, 166
  larves, 166
  occurrence, 166
Poissons-loups, 168, 175
Pollution, 31, 148, 153, 156, 261, 270
Polychètes, 51, 86, 152, 155, 160, 204, 205, 209, 215, 235
Polychètes, annélides, 51, 86, 126, 141, 142, 143, 152, 155, 160, 204, 205, 209, 215, 235
Polyéthylène, sacs, 51, 246
Polypode de Virginie, 288
Polysaccharides, dans les sédiments, 155
Polytrics, 288
Pommier, 289
Pompe à succion, plancton, 189
Pontons, habitats, 132, 139, 141
Populations
  indices, oiseaux, 236
  manipulation, 129
Porosité, 77
Port principal, 53, 54
Ports secondaires, 53, 54
Ports, 1, 9
Portunidés, 215
Position, détermination, 148
Potentiel d'oxydoréduction, 86, 152
Potentiel d'oxydoréduction, discontinuité, 158
Potentille ansérine, 119
Pottery, ruisseau (St. Andrews), 96, 98
  anse (N.-B.), 238
Poulamon atlantique, 168, 178
Poulamon, 106
Poules de mer et limaces, 166, 169, 175, 181
Poulie compteuse, 189
Pourpre de l'Atlantique, 85, 88
Prairie, 285
Précipitations, 5, 7, 8
Prédateurs, 106, 140, 142
  plancton, 211
Prédation, 44, 49, 55, 161
  oiseaux, 231
Prélèvement horizontal, plancton, 213
Prélèvement vertical, plancton, 204, 213
Prenanthe trifoliolée, 289
Préservation, 51–52
  biote, 123
Pressage des algues, 52
Pression atmosphérique, 5, 6, 7, 11, 37
Pression, 7
Priapuliens, 160
Prime, 260, 265, 270
Primuline, 193
Prionote du nord, 169
Prionote strié, 169
Procaryotes, 86
Producteurs primaires, zone intertidale, 83, 84
Production benthique, 148, 156, 160, 162
  méthode de la boîte de verre, 107, 111
  zooplancton, 221, 223, 225
Production brute, plancton, 197
Production nette, plancton, 196
Production primaire, 56
  macrophytes, 107, 110
  méthodes, 84
  phytoplancton, 185, 189
Productivité, 260
  biologique, 165
Profil de plage, 82, 83
Profil du rivage, 53, 114
Profils intertidaux, 52, 53
Proie, 245
Projets d'étude, 99, 111
  océanographie, 32, 34
Propagule, 48
Protéine, 120
Protochordés, 134
Protozoaires, 86, 120, 209, 216, 218
Provinces de l'Atlantique, 3, 248, 266
Provinces Maritimes, 2, 5, 47, 165, 234
Pruche, 285, 286
Pseudo-fèces, 117
Ptéridium des aigles, 286
Ptéropodes, 188, 204, 206, 209
Publications, 1, 3
Puces d'eau, 217
Puffin des Anglais, 230, 240
Puffin fuligineux, 228, 230, 240
Puffin majeur, 228, 230, 240
Puffins, 229
Punaises d'eau, 101
Pygargue à tête blanche, 232, 233, 234, 236, 239, 241
Pyrole unilatérale, 288
Pyrrhéliomètre, 195, 196
Pyrrhophytes, 216

Quadrat, 55, 85, 110, 111, 129, 149
Quais, 128, 132, 141
Qualité de l'eau, 81
Quartz, 79

Quatre-temps, 286, 288
Québec, 251
Quenouilles, 101, 245
Quiscale bronzé, 235, 243
Quiscale rouilleux, 243
Quoddy, îles, 286

Radiolaires, 216
Raie épineuse, 167, 172
Raie hérisson, 167, 172
Raie lisse, 167, 172
Raie tachetée, 167, 172
Raies, 167, 170, 171
Rainette crucifère, 245, 246, 251–252, 258
Rainette versicolore, 246, 252, 258
Rajidae, 167
Rajiformes, 167, 171
Râles, 228
Ranidés, 254
Rapaces, 228, 235
Rapport B/P – benthos, 161
Rascasses, 168, 175
Raton laveur, 106, 247
Raven, cap (N.-B.), 154
Rayonnement solaire, 102
Recensement, 129
Réceptacles, *Ascophyllum nodosum*, 107
Recherche, 3
Récifs de coraux, 128, 129
Recolonisation, zone intertidale, 51
Recrutement, zone intertidale, 49
Réflecteur radar, 149
Réfractomètre, mesure de la salinité, 109, 121
Refroidissement par évaporation, 46, 47, 102
Refuges, zone intertidale, 50
Reineck, échantillonneur, 150
Relations spatiales, biote, 129
Relèvement au compas, 149
Relevés des oiseaux reproducteurs, 237
Remontée d'eau, 206, 229, 260
Remplacement cyclique, 104
Renard marin, 167, 170
Renouée, 291
Répartition du biote, 141
Reptiles, 245–259
Requin à nez pointu, 167
Requin-taureau, 167
Requins, 170, 271
Réserves naturelles, 246
Respiration, 47
  cuvettes de marée, 107, 108, 110
Ressources de la mer, 9
Reversing Falls (N.-B.), 154
Réviseurs scientifiques, 4
Rhodamine B, 193
Rhodyménie palmé, 42, 47
Rhynchocelles, 155
Richardson (N.-B.), 239
Richardson, nombre de, 34
Rides de plage, 82, 94
Rivages à sédiments grossiers, 3, 77–98
Rivages sablonneux, 77–98
Rivages sédimentaires, 77–98
  biote, 83–98
Roches ignées, 126
Roches intrusives, 127
Roches métamorphiques, 126, 288
Roches métasédimentaires, 127
Roches sédimentaires, 126, 127, 288
Roitelet à couronne dorée, 242
Roitelet à couronne rubis, 242
Roosevelt Cottage, 124
Roosevelt-Campobello, parc international, 122
Rorqual à bosse, 261, 266, 276, 279, 281
Rorqual bleu, 261, 262, 277, 279
Rorqual boréal, 262, 277, 279
Rorqual commun, 260, 261, 266, 267, 270, 276, 279, 281
Rorquals, 261
Roseau commun, 119
Roseaux, 101
Roselière, 118
Roselin pourpré, 243
Roselins, 228, 235
Rosier rugueux, 286
Rotifères, 216
Rouge neutre, 193, 198
Ruban d'arpentage en vinyle, 104
Ruisseaux, 250
Ruissellement, 39, 100
Rumex petite-oseille, 291
Ruppie, 119, 235

Sable, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 87, 88, 95, 116, 117, 122, 126, 155
Sable, Île de, 18, 19
Saccoglosse, 118, 120
Sackville (N.-B.), 114
Saillies, habitat, 128, 130, 131, 143, 145
Saint-Jean (N.-B.), 1, 5, 7, 8, 53, 55, 57, 113, 114, 119, 121, 154, 224, 236, 238, 260
  comté, 257
  estuaire de la rivière, 154, 208
  port, 154, 155, 156, 157, 158, 159
  rivière, 8, 53
  vallée de la rivière, 249
Saint-Laurent, estuaire, 99, 188, 234
  fleuve, débit, 18, 34
  vallée, 5
Saint-Laurent, golfe du, 5, 19, 207, 208, 229, 263, 267, 269
Saison, 5
Salamandre à deux lignes, 246, 248, 251, 258
Salamandre à points bleus, 246, 247, 249, 250, 258
Salamandre à quatre doigts, 246, 248, 250–251, 258
Salamandre cendrée, 246, 250, 258
Salamandre des sources, 258
Salamandre maculée, 246, 247, 248, 249, 258
Salamandre sombre, 245, 246, 248, 249–250, 258
Salamandres, 245–258
Salientia, 251
Salinité, 15, 18, 30, 31, 39, 44, 77, 81, 128, 142, 156, 157, 161, 165, 185, 196, 234, 245
  coupe, 30, 31
  gradients, 30
  inversion, 30, 31
  mesure, 109
  profils, 101, 102
  du sol, 292
  variations à long terme, 16–18
  variations journalières, 15
  variations saisonnières, 12, 16, 17, 18
Salinomètre à induction, 109
Salissures, 129
Salkeld, îles (N.-B.), 240
Salmon Falls (N.-B.), 154
Salmonidae, 166, 167, 173, 177
Sam Orr, étang, 10, 25, 34
Sand, anse (N.-B.), 121, 122
Sandy, île (N.-B.), 230

Sapin baumier, 286, 288, 289
Sapin, 286
Sarcelle à ailes bleues, 241
Sarcelle à ailes vertes, 241
Saumon coho, 166, 167, 177
Saumon de l'Atlantique, 166, 167, 177
Saumon rose, 166, 167, 177
Saumon, 173, 177, 260
Sauterelles, 118
Scaphandre autonome, 129
  échantillonnage, 149, 151
Scombridae, 168, 174
SCOR, filet à plancton, 213
Scorpaenidae, 165, 168, 175
Scott, W.B., 3
Sébastes, 168
Secchi, disque de, 196
Sécheresse, 285
Sedgwick-Rafter, cellule, 189, 191
Sédimentation, 126, 142
  plancton, 191
  taux, dans les marais, 116
Sédiments calcaires, 117
Sédiments fluviatiles, 114, 126
Sédiments glaciaires, 114
Sédiments infralittoraux, échantillonnage des peuplements, 148–152, 161
  faune, 148–164
  flore, 148
Sédiments intertidaux, 77–98
Sédiments, 77–80, 126, 128, 129, 130, 142, 143, 144, 154
  anaérobies, 85, 86
  apport, 114
  carbone, 157
  cuvettes de marée, 100, 106, 107, 110, 111
  dépôt, érosion, 155, 158
  dilatation, 80
  dimension des particules, 77, 78, 79, 80, 151
  dureté, 80
  matières volatiles, 158
  morphométrie, 79, 80, 82
  noms, 78
  perméabilité, 80, 81
  pièges, marais, 115, 116
  porosité, 80
  remaniement (marais), 117
  salinité, 81
  suspension, 120
  température, 81, 98
  teneur en eau, 80
  teneur en matière organique, 81, 155, 157
  texture, 77, 78, 80, 81, 82, 86, 87, 91, 95
  transport, 82, 158
  tri, 78, 81, 82, 152, 154, 159
Seely, cap (N.-B.), 2
Sel, bilan, 34
Serpents, 256
Serpules, 144
Serranidae, 168
Serrans, 168
Service canadien de la faune, 233, 237, 238
Service des mines et des relevés techniques, 1
Sessile, biote, 126
Seston à ATP, sédiments, 158
Seston, 158
Shadine, 167
Sheep Rock, cap (N.-B.), 281
Sheldon, pointe (N.-B.), 122
Shemogue (N.-B.), 256
Sigouine de roche, 85, 168
Sigouines, 168, 175
Silicoflagellés, 188
Siphonophores, 209
Sipunculiens, 160
Sites principaux, 3
Sittelle à poitrine blanche, 242
Sizerin flammé, 243
Smith-McIntyre, benne, 150, 151, 153, 155
Snug, anse (N.-B.), 124
Société protectrice des animaux, 271, 283
Solarimètre, 195
Sols, 285, 288
Sondeur acoustique, 148
Sorbier, 286, 288, 289
Souris, 235, 257
South Spectacle, île, 230
South Wolf, île, 230, 239
Spare doré, 168
Spares, 168
Sparganium, 101
Sparidae, 168
Spartine étalée, 119
Spectrophotométrie, 194
Spermatophores, 206, 246
Sphaigne, 248, 251
Sphéroïde du nord, 169
Spirée à larges feuilles, 288
Spirées, 119
Spitzberg, 86
Spongiaires, 133
Spores, algues, 48
Spruce, île (N.-B.), 2, 266, 267, 268, 281
Squalidae, 167
Squaliformes, 167, 170
St. Andrews (N.-B.), 1, 2, 10, 11, 19, 25, 30, 38, 54, 64, 82, 83, 84, 85, 87, 90, 101, 102, 105, 107, 111, 126, 127, 148, 156, 186, 233, 234, 235, 236, 238, 239, 258, 281, 289
  presqu'île, 286
St. Croix, estuaire, ii, 2, 3, 8, 9, 10, 20, 25, 27, 31, 32, 34, 38, 57, 114, 126, 127, 152, 154, 155, 156, 157, 185–186, 197, 221, 238
St. Croix, île, 10, 34
St. Croix, rivière, 2, 8, 12, 14, 15, 23, 34, 127, 185
St. George (N.-B.), 2, 113, 239, 240
St. Margarets, baie (N.-É.), 50, 188, 224
St. Stephen (N.-B.), 1, 2, 34, 54, 55, 57, 237, 238
Stabilité du milieu, 71, 165
Stagnation, 81
Station de biologie arctique, 271
Station de biologie de St. Andrews, ii, 1, 2, 3, 25, 51, 60, 64, 99, 152, 165–166, 238
Sterne arctique, 232, 241
Sterne pierregarin, 231, 232, 241
Sternes, 231, 232, 239
Stichaeidae, 168, 175, 180
Stichées, 168, 175, 180
Strates, sédiments des marais, 117
Stratification inverse de la température, 102
Stratification thermique, 1
Stratification, 25, 30, 32, 154
Stromatée, 49, 168, 176
Stromateidae, 168, 176
Strongle pulmonaire, 270
Sturnelle des prés, 243
Submersibles, 128
Submersion du rivage, 126
Submersion, marais de, 115, 117, 119, 120, 121, 122, 123
Substrat, caractère, 142

perturbation, 143
Substrats artificiels, 129, 133
Substrats durs, 126–147
Substrats infralittoraux durs, 126–147
échantillonnage à distance, 128
échantillonnage manuel, 128
étagement, 129, 131, 132, 138, 139
méthodes d'échantillonnage, 128–129
peuplements, 129–143
peuplements des roches, 126–147
profils, 132, 138, 139, 140, 144
transects, 129, 131, 140, 143
travaux de laboratoire, 129
Substrats infralittoraux sédimentaires, 3, 148–164
Succession, 104, 105
benthos, 158
biote infralittoral, 142
forêt, 291
Sulfate (SO_4^{--}), dans les sédiments, 81
Sulfate cuivrique, 189
Sulfate de berbérine, 193
Sulfate de magnésium, 51, 52
Sulfate de potassium et d'aluminium, 191
Sulfure d'hydrogène (H_2S), dans les sédiments, 81
Sulfures de fer, 81
Sumac vinaigrier, 289
Sunbury Shores Art & Nature Centre, 237, 238
Superficie couverte par le biote, 129, 141
Superficie couverte par les espèces, 55
technique des points, 110
Supralittorale, frange, 40, 41, 42, 43, 48, 56, 71
Supralittorale, zone, 40, 41, 43, 71, 99
Supralittorales, cuvettes, 105
Supralittoraux, habitats, 245
Sureau pubescent, 289
Surplombs, habitats, 126, 131
Survie, 49
Swallowtail, cap (N.-B.), 266, 268, 281, 282
Syngnathe brun, 168
Syngnathes, 168, 175
Syngnathidae, 168, 175
Système DECCA, 148, 149
Système sulfureux, dans les sédiments, 86
Systèmes dépressionnaires, 82
Systèmes océaniques, 3

T–S, diagramme température–salinité, 31, 32, 34
Talus continental, 207
Tamarac, 286
Tambour, 161
Tamis, analyse, 78
à étages, 150, 152
échantillonnage du benthos, 151, 158
sédiments, 78, 154
Tamisage du biote, 86
Tampons, 189
Tanche-tautogue, 168
Tangara écarlate, 243
Tantramar, marais, 250
Tautogue noir, 168
Taylor, péninsule (N.-B.), 122
Teintures fluorescentes, 193
Télédétection, 23
Télescope, 236, 247
Télévision, prises de vues sous-marines, 149
Tellurite de potassium (K_2TeO_3), 191
Température de l'eau, 12–19, 32
variations à long terme, 18
variations diurnes, 15
variations saisonnières, 12, 16, 17, 19
Température interne, biote, 46
Température létale, 46
Température, 39, 44, 45, 46, 77, 81, 85, 96, 97
adaptation, 46, 49
air, 5, 7, 18, 19, 81, 102
cuvettes de marée, 102, 103
diagramme T–S, 31, 32, 34
eau, 126, 128, 142, 166, 188, 196, 221, 260, 267
effet tampon, 102
extrêmes, 245
fourchette, 38
stratification, 102
variation, 81
vitesse de changement, 46
Températures basses, effet létal, 46
Tempêtes, 8, 83, 104, 120, 245, 285
Temps, conditions du, 5, 7, 8, 9, 117, 148, 189, 245
Teneur en calories, 120
du plancton, 198
Terebratulina septentrionalis, peuplement à, 131, 132, 133, 134, 135, 140, 141, 142, 143, 144
Terrassiers, 168, 176
Terre-Neuve, 98, 132, 208, 266, 268
Terrestre, végétation, 83, 115, 116, 285–293
Terrestres, espèces, 48, 50
systèmes, 99
Tertiaire, 165
Testudinidés, 255
Têtards, 245, 246, 251
Tétraborate de sodium, 189
Tetraodontidae, 169
Tetraodontiformes, 169
Tétras du Canada, 241
Thanatocénose, 129, 143
Thécosomes, 209
Thermocline, 142, 188
Thermomètres à thermistor, 109
Thon rouge, 166, 168
Thons, 174
Thoraciques, 214
Tills, 82, 126, 285
Tintinnidiens, 206, 213, 216
Tohi à flancs roux, 243
Tomopteris, 205
Tordeuse des bourgeons de l'épinette, 260
Tornaria, 216
Torpedinidae, 167
Torpille noire, 167
Torpilles, 167
Torrey Canyon, marée noire, 46, 50
Tortue caouanne, 256, 258
Tortue de Blanding, 246, 258
Tortue de Ridley, 256, 258
Tortue des bois, 246, 255, 258
Tortue peinte, 247, 255, 256, 258
Tortue ponctuée, 258
Tortue-luth de l'Atlantique, 256, 258
Tortues de mer, 256
Tortues, 245–258
Toundra, 285
Tourbe à sphaignes, 286
Tourbe, 117, 118, 123
Tourbières, 248, 254, 286
Tourbillons, 1, 20, 260
Tourisme, 9
Tournepierre, 234
Tournepierre à collier, 234, 241
Traîneau pour échantillonnage, 149

Traîneau sous-marin, 149
Trait oblique, prélèvement du plancton, 204, 213
Transects, 39
  cuvettes de marée, 108
  forêts, 291
  marais, 118, 122
  oiseaux, 236
  zone intertidale, 52, 53
Transpondeur, 149, 150
Trappes à hareng, 128, 141
Trappes, 149
  zone intertidale, 86
Trappes, capture des serpents, 247
Trématodes, 274
Tremble, 286
Treuil hydrographique, 189
Treuils, échantillonnage du fond, 148–151, 152
Trichromatique, dosage des pigments du plancton, 194
Tricorne arctique, 169
Trientale boréale, 286, 289
Trigles, 169
Triglidae, 169
Tripe de roche, 288
Triton rouge, 248, 249
Triton vert à pois rouges, 246, 247, 248, 249, 258
Trochophore, 215
Troglodyte des forêts, 235, 242
Trophique, rapport (benthos), 156, 159
  relations, 128
Trophiques, groupes
  amensalisme, 159, 160, 161
  classification, 160, 161
  concept (benthos), 158–162
Troscart maritime, 288, 289
Truite arc-en-ciel, 166, 167, 177
Truite brune, 166, 167, 177
Truites, 167, 173, 177
Tubes construits par les vers, 152
Tubicoles, espèces, benthos, 159
  adaptation, 45
Tuniciers, 126, 129, 130, 132, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 217
Turbellariés, 100
Turbidité, 23, 31, 34, 131, 151, 185, 189, 223, 225
Turbot de sable, 169, 183
Turbulence, 11, 161, 229
Turbulomètre, 56
Turtox, milieu à faible viscosité, 214
Twin, lacs (N.-B.), 248, 253
Types de côtes, 36
Tyran tritri, 242

U.S. Fish and Wildlife Service, 237
Ultraplancton, 191
Ultrasons, 191
Ultraviolet, 46, 47
Ultraviolette, lumière, 191, 193
Ulvaire deux-lignes, 168, 180
Université de Dalhousie, 3
  de Guelph, 3, 231, 237, 265, 268, 270, 282
  du Maine, 270, 282
  de Moncton, 3
  du Nouveau-Brunswick, 3, 270, 282
  de Toronto, 3
Université McGill, 3
Université McMaster, 3
Université Mount Allison, 3
Universités, 3
Upper Duck, étang (N.-B.), 2, 114, 124
Urochordés, 217
Usines de pâte à papier, 153, 158, 260

Vacher à tête brune, 243
Vagues
  action, 37, 39, 40, 43, 48, 49, 71, 100, 104, 126, 234
  brisants, 82
  climat, 23, 24
  concentration, 43
  constructives, 82
  course, 115
  destructrices, 82
  énergie, 77, 79, 81, 82, 104, 106
  hauteur, 23, 24, 25
  hauteur significative, 23, 24
  mesure du mode, 56
  période, 24, 25
  régime, 23, 34
Vagues engendrées par le vent, 23, 24
Van Dorn, échantillonneur, 189
Van Veen, benne, 150, 151, 154
Vanceboro (Maine), 252
Varech, 37, 82, 84, 87, 88
Variété des espèces, changements temporels, 153
Vase, 82, 126, 151
Vasières, 3, 115, 118, 122, 234, 239
Vedette, 148
Véligère, 214
Vent, 5, 7, 11, 23, 24, 39, 45, 77, 185, 188, 285, 289
  exposition, 101, 144
  facteur de refroidissement, 39
  vitesse, 5, 7, 24
Vents dominants, 5, 7
Vents, configuration, 5, 7
Verge d'or bicolore, 288
Verge d'or pubérulente, 288, 289
Verge d'or toujours verte, 119, 288, 289
Vérification des images, 149
Vers de terre, 235, 253, 256
Vers plats, 85, 86
Vers, 247
Vestes de sauvetage, 150
Violettes, 286
Viorne cassinoïde, 286, 289
Viréo à tête bleue, 242
Viréo aux yeux rouges, 235, 242
Viréo de Philadelphie, 242
Volcaniques, roches, 127, 144

Walkley-Black, méthode de mesure du carbone organique, 154
Waverider, bouée, 24, 25
Waweig (N.-B.), 248, 253
  rivière, 2, 238
Welshpool (N.-B.), 2, 54, 124
Wentworth, échelle granulométrique, 77, 78
West Dipper (N.-B.), 54, 55
West Quoddy, cap (Maine), 1, 2, 185, 204, 266
West Salkeld, île (N.-B.), 230
Western, passage, 2, 10, 20, 21, 185, 186, 206, 231, 239, 267, 281
Westmoreland, comté (N.-B.), 250, 256
Whipple, micromètre, 191, 192
White, cap (N.-B.), 188
White, île (N.-B.), 231, 266, 268, 281
Whitehorse, île (N.-B.), 2, 230, 281
Whiting, baie (Maine), 239
Wilsons Beach (N.-B.), 2, 54, 232, 239
Winkler, méthode, O^2, 197
  titrage de l'oxygène, 109

Wisconsin, filet, 189
Wolves, The (N.-B.), 1, 2, 10, 15, 21, 38, 233, 239, 261, 265, 268, 281
Woodland (Maine), 9, 10, 12
Woodstock, pointe (N.-B.), 57, 59, 67, 71, 111

Xénobiotiques, produits chimiques, 159

Yarmouth (N.-É.), 269

Zée bouclé d'Amérique, 168
Zées, 168
Zeidae, 168
Zeiformes, 168
Zéro des cartes, 9, 53, 108
Ziphiidés, 277
Zoarcidae, 168, 174
Zoés, 214, 216
Zonation, 40–71
  marais salés, 113, 118
Zone aphotique, 132
Zone circalittorale, 128, 131, 132, 138, 140
Zone de déferlement, 86
Zone eulittorale, 40
Zone euphotique, 31, 188
Zone infralittorale, 40, 47, 128, 132, 138
Zone infralittorale, transects, 129
Zone infratidale, biote, 100
  organismes, 47, 71
Zone intertidale, ii, 36–76, 99, 234, 235, 238
  méthodes de relevé, 52–56
Zone intertidale, sites d'étude, 56–73
Zone littorale, 36–76
Zone noire, 41, 43, 58
Zoogéographie, 165
Zooplancton boréal, 222–224
Zooplancton estuarien, 208, 213, 221, 223
Zooplancton méridional, 224
Zooplancton néritique, 207, 213–222
Zooplancton septentrional, 224
Zooplancton, 185, 204-259, 260
  abondance, 213, 217, 221, 222
  alimentation, 206–211, 220
  bancs, 209
  biologie, 206–211
  biomasse, 206, 214
  clés d'identification, 206, 207, 208, 214
  collecte, 205–206, 213–214
  cycle biologique, 206-209, 218, 221, 223, 225
  distribution, 206–211, 214–224
  diversité, 210, 220, 221
  écologie, 204–227
  endémique, 204, 207
  filets, 204, 213
  de grande taille, 204–212
  méthodes d'étude, 204
  migration, 204, 206, 208, 210
  migrations verticales, 204, 206, 208, 210
  oeufs, 206, 207
  préservation, 204–206, 213–214
  production, 221
  profondeur, 204, 205–211
  relations trophiques, 210
  reproduction, 206–211, 213–217
  taille, 204, 213, 217
  techniques de laboratoire, 206
  variation morphologique, 207
  variations saisonnières, 204, 205, 206–211, 214–224
  zoogéographie, 221–224